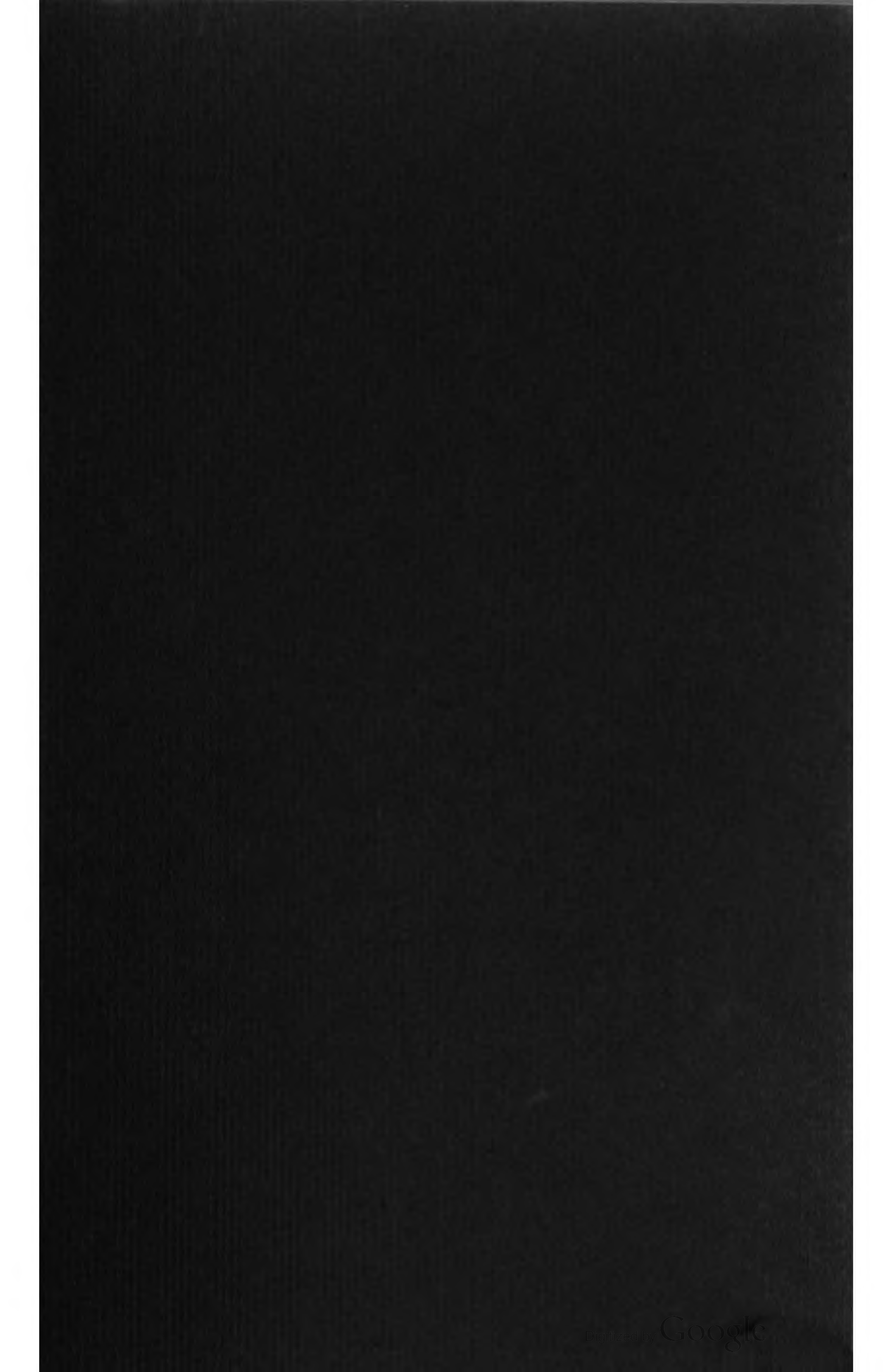
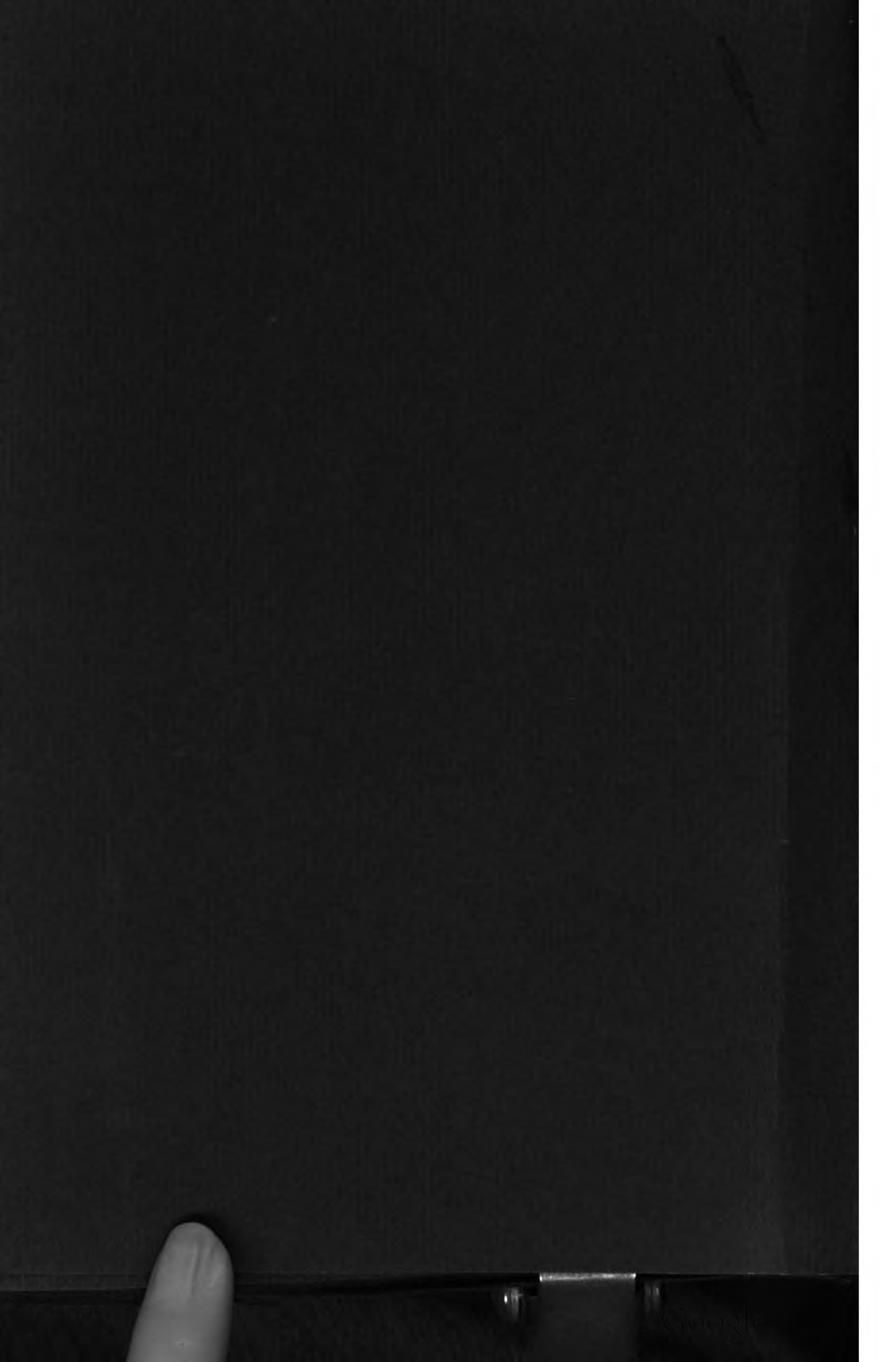

Dei
Sub Numine
Viget





ANATOMIE DES MENSCHEN

EIN LEHRBUCH FÜR STUDIERENDE UND ÄRZTE

ERSTER BAND

BEWEGUNGSAPPARAT

VON

HERMANN BRAUS
O. Ö. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT
DIREKTOR DER ANATOMIE HEIDELBERG

MIT 400 ZUM GROSSEN TEIL FARBIGEN ABBILDUNGEN



VERLAG VON JULIUS SPRINGER, BERLIN 1921

Widmung.

Dieses Werk ist aus der Überzeugung heraus entstanden, daß die biologische Betrachtungsweise die notwendige Grundlage der anatomischen Ausbildung ist. Leichenanatomie ist nur das Mittel und Systematik an sich ein toter Ballast. Wie Leichenanatomie im Verein mit anderen verfügbaren Forschungsmitteln verlebendigt werden könne zur anschaulichen Kenntnis und zum Verständnis der wirklichen Form und Struktur unseres Leibes, solange wir leben und gesund sind, will dieses Buch lehren. Von der üblichen Ordnung nach Systemen wird deshalb abgesehen. Zu einer Zeit größter Opferfreudigkeit eines Volkes begonnen, vertraut das Werk auf den gesunden Sinn unserer studierenden Jugend. Die tastenden Vorversuche des Verfassers, Anatomie biologisch zu lehren, begannen vor fast 20 Jahren und führten seit 8 Jahren in Heidelberg zu einer weitgehenden, von der badischen Unterrichtsverwaltung hochherzig geförderten Umgestaltung des anatomischen Lehrplanes. Allen an sie gestellten Anforderungen folgten meine Hörer stets mit Hingabe und Anhänglichkeit. Der Fortschritt, der auf diese Weise erzielt wurde, erwies sich als so handgreiflich, daß ich mich den vielen an mich herantretenden Wünschen nicht entziehen zu dürfen glaubte, das, was jetzt seit Jahren in der Praxis erprobt ist, in gesichteter und erweiterter Form niederzuschreiben. Das Prinzipielle wird in den einleitenden Kapiteln erörtert werden. Der Leser möge selbst urteilen, ob die speziellen Teile das dort Gesagte bestätigen. Wenn Anatomie dem Arzt nicht mehr — wie jetzt leider so oft — ein Bündel verblaßter Erinnerungen mit dem daran haftenden Geruch tödlicher Langeweile wäre, sondern wieder ein steter Berater bei seinen Bemühungen um Erhaltung oder Herstellung des gesunden Körpers würde, so wäre ein großer Fortschritt getan; die Anläufe der Ärzte gegen sie, welche statt die veralteten Lehrmethoden die Anatomie selbst treffen und vielleicht lahmlegen, würden von selbst aufhören. So vertraue ich dieses Werk der Jugend an, die mir ihre Mitarbeit in Wort und Werk zusagte.

Die theoretische Wissenschaft steht heute an dem gleichen Punkt. Auch sie fordert biologische Vertiefung der Forschung, welche der Form und ihren Ursachen nachspürt. So weisen — Zeichen gesunder Entwicklung — alle Erfordernisse unserer Zeit den gleichen Weg. Weit entfernt zu glauben, daß dieses Werk Endgültiges zu leisten vermag, so hoffe ich, es möchte in ihm der Weg gefunden sein, der zu neuer fruchtbarer Rundschau führt, bis von dem Gipfel, wenn er einst erreicht sein wird, wieder schönere und größere Ziele die Wissenschaft locken werden.

Indem wir von der Anordnung des Stoffes nach Systemen absehen, begeben wir uns freilich eines wertvollen Mittels, ihn übersichtlich zu gestalten. Technik mußte hier an die Stelle des Gedächtnisses gesetzt werden, da dieses durch die Systematik zu sehr belastet wird, als daß das eigentlich Wichtige sich entfalten könnte. Durch zweckentsprechende typographische Gliederung

(siehe Inhaltsverzeichnis zu Beginn eines jeden Bandes und die dort vorangestellte Anleitung) und durch ausgiebige Beschriftung der Abbildungen hoffe ich auf mechanischem Wege ersetzt zu haben, was sonst Systematik leistet (und dem Fachanatomen stets leisten muß). Hierin und in allem, was Ausstattung des Buches angeht, fand ich bei dem Herrn Verleger weitgehendstes Verständnis und trotz der sich häufenden, ungeahnten Schwierigkeiten ungehemmtes und dankenswertestes Entgegenkommen. Die Bearbeitung eines solch großen Stoffes in der vorliegenden Form hätte ich ohne die Mitarbeit der ganzen Anstalt in Heidelberg nicht wagen können. Zu den vorhandenen reichen Schätzen ihrer Sammlungen wurden zahlreiche neue Präparate und Modelle hinzugefügt. Ich spreche allen, welche daran mitarbeiteten, auch hier meinen herzlichsten Dank aus, ebenso allen Kollegen und jungen Freunden, welche durch Ratschläge und Beihilfe bei den Korrekturen das Werk förderten. Namentlich möchte ich die Mitarbeit des wissenschaftlichen Zeichners, Herrn A. Vierling, hervorheben, die ganz wesentlich meine Absicht verwirklichen half, nicht etwa eine beliebige, gerade auf dem Präpariersaal oder im Mikroskop sich darbietende, technisch bedingte Form eines Präparates abzubilden, sondern möglichst genau die wirkliche Form, wie sie im zusammenhängenden Körper ist, herauszufinden und festzuhalten. Langjährige Vorstudien, Fertigkeit im Modellieren und in anderer Technik, Zuverlässigkeit und eindringende Kenntnis verbürgten den Erfolg. Die Abbildungen mögen selbst für das zeichnerische Können zeugen.

So betrachte ich mich als den Exponenten aller hier zusammengefaßten Kräfte. Vor mir stehen die Bilder dreier unvergeßlicher Lehrer, stummer Mitarbeiter, deren grundlegende Mitgift in Lehre und Können, wie ich hoffe, in diesem Werke lebendig bleiben möge und deren Namen ich es widme:

Max Fürbringer — Theodor v. Kölliker — Theodor Boveri.

Heidelberg, 10. Oktober 1920.

H. Braus.

Inhaltsverzeichnis zu Band I.

In diesem Verzeichnis sind die Kapitel mit allgemeinerem Inhalt durch Sperrdruck hervorgehoben. Zum Nachschlagen beachte man außer den hier angegebenen Seitenverweisen und Tabellen die Überschriften am Kopf der Seiten, welche links das betreffende Kapitel und rechts den allgemeinen Inhalt des betreffenden Abschnittes angeben, ferner die Stichwörter für das spezielle Thema am Seitenrande. Ein alphabetisches Generalregister findet sich am Ende des III. Bandes.

Einleitung.

Bewegungsapparate.


Digitized by Google

Einleitung.

A. Aufgabe der menschlichen Anatomie als Wissenschaft.

Die Anatomie leidet, wie man heute wohl sagen darf, an ihrem Namen (von ανατεμνειν = zergliedern). Was REMBRANDT in seiner „Anatomie" darstellte, war wohl der entscheidende Schritt vorwärts vom Mittelalter zur Neuzeit. Denn die Zergliederung des menschlichen Körpers war und ist das wichtigste Mittel, um statt Cermutungen oder statt aus dem Altertum überkommener, oft falsch verstandener und entstellter Kenntnisse die Wirklichkeit reden zu lassen. Verdient so die Zergliederungskunst höchste Würdigung, so ist sie doch im Rahmen des Ganzen nur Mittel, und zwar eines von vielen. Ihr klebt als größter Nachteil an, daß sie nur am Toten anwendbar ist; die Zeiten sind vorbei, in welchen der antike Forscher lebende Sklaven als Objekte der Zergliederung forderte und erhielt (was in Alexandria geschah, z. B. bei Untersuchungen über das Zwerchfell). Das Ziel der Anatomie mußte aber von jeher auf das Leben gerichtet sein; sie ist ein Teil der Biologie. Denn der Mensch hat den Wunsch über das Innere seines Körpers etwas zu erfahren, um zu begreifen, wie das äußerlich Sichtbare durch das innerlich Verborgene bedingt sei. Von der Neugierde des Primitiven bis zum geschulten Wissenstrieb des denkbar vollendeten Forschers ist das Ziel der Anatomie immer das gleiche: Die Form des lebendigen Körpers zu verstehen. Es ist dies nur möglich, durch Auflösung des Ganzen in seine Teile (Analyse) und Wiederaufbau des Ganzen aus seinen Teilen (Synthese). SCHILLER hat diese Tätigkeit des Forschers mit den ewig gültigen Worten umschrieben: „Was die Natur gebaut, bauet er wählend ihr nach." Biologisches Ziel (nicht nur Zergliederung)

Auch bei dem Gewerbe des Schneiders ist durch den Namen, welcher nur das auffälligste Mittel — Schneiden — hervorhebt, keineswegs das Ziel und die Aufgabe angegeben oder gar erschöpft. Dem Kind, welches seine Puppe öffnet und dem das Sägemehl des Inneren entgegenrinnt, wird, wenn es gescholten wird, nicht selten zu seinem Schrecken noch Unrecht hinzugefügt; denn seine Absicht war vielleicht statt Freude am Zerstören gerade jener Erkenntnistrieb, dessen primitivste Stufe die Neugierde ist; er war es, welcher die ersten Anatomen ermutigte, Leichenöffnungen trotz Verbot und Grauen vor dem Toten vorzunehmen. Zwischen Absicht und Mittel, zwischen Ziel und Name klaffen hier Klüfte, auf die wir wegleitend hinweisen.

Über die Stellung der Biologie unter den Wissenschaften sei auf das System von COMTE verwiesen, nach welchem sie sich einordnet zwischen Chemie und Physik einerseits und Psychologie und Soziologie anderseits. Über andere biologische Disziplinen neben der Anatomie siehe das Folgende.

Mit anderen biologischen Teilwissenschaften (Physiologie, Biochemie) hat die Anatomie, die Formenlehre des Lebenden, von vornherein gemein, daß sie Ursachenforschung ist: Wir treten mit einem bestimmten, der menschlichen Psyche eingeborenen Drang nach ursächlicher Erkenntnis an unseren eigenen Körper heran. Es gibt in der Naturwissenschaft noch eine andere Betrachtungsweise; bei ihr sind die kausalen Bedürfnisse des Betrachters nur Systematische oder kausale Betrachtung, Disposition

auf einer Art Vorstufe beteiligt; die Objekte selbst sind dabei der Ausgangspunkt, z. B. Pflanzen, Tiere, Steine, deren Fülle zu irgend einer Art von Sammlung und Ordnung drängt (Systematik, Taxonomie). Diese Sonderung setzt im einzelnen zahlreiche kritische Analysen voraus und ist keineswegs rein mit dem Objekt gegeben, sondern erst durch unser logisches Bedürfnis an die Objekte herangetragen. Auch beim menschlichen Körper kann nach Objekten gesondert werden: systematische Anatomie. Man unterscheidet Knochen, Bänder, Muskeln, Eingeweide, Gefäße, Nerven und Sinnesorgane und nennt danach die einzelnen Kapitel der systematischen Anatomie: Osteologie (Knochenlehre), Syndesmologie (Bänderlehre), Myologie (Muskellehre), Splanchnologie (Eingeweidelehre), Angiologie (Gefäßlehre), Neurologie (Nervenlehre), Ästhesiologie (Lehre von den Sinnesorganen). Denkt man sich die Kenntnis in allen Kapiteln vollkommen, so hat man zwar einen vollständigen Katalog der Teile des Körpers, aber es fehlt gerade das, was wir suchen, die ursächliche Beziehung der Teile untereinander und zum Ganzen. Systematik ist ein sehr wesentliches Mittel der Orientierung und besonders für den Fachanatomen ganz unentbehrlich zur Übersicht über den Stoff und zur Ermittelung der Lücken in unseren Kenntnissen; aber sie führt nicht zum eigentlichen Ziel der Formenlehre, der Erkenntnis der Ursachen unserer Gestalt und unseres Körperbaues. Wir bedürfen dazu der Ermittelung der Zusammenhänge der Teile. Dadurch, daß wir beispielsweise den Knochen mit den ihm zugehörigen Bändern und Muskeln gemeinsam betrachten, kommen erst die biologischen Beziehungen zu ihrem Recht, das Zusammenarbeitende bleibt beisammen und die Teile der lebendigen Form werden in der Art von Verknüpfung anschaulich, welche sich dauerfähig erwiesen hat (Zweckmäßigkeit). Danach gliedern wir den Stoff in folgende Hauptabschnitte:

1. Bewegungsapparate. Sie umfassen die Osteologie, Syndesmologie und Myologie der systematischen Anatomie.
2. Eingeweide. Sie entsprechen der Splanchnologie, welche in sich die Organe der Ernährung, Atmung, Harnabsonderung und Fortpflanzung begreift.
3. Periphere Leitungsbahnen. Bei ihnen sind alle Einrichtungen zusammengestellt, welche dazu dienen, die unter Nr. 1, 2 und 4 genannten Teile mit Ernährungsstoffen und Atemgasen (Zu- und Ableitungen) und mit Reizen (nervösen Antrieben) zu versehen. Die Leitungsbahnen können verglichen werden den Wasser-, Kraft- und Lichtleitungen einer Fabrik, deren Arbeitsräume in Nr. 1 und 2 durchmustert sind. Hierher gehört die ganze Angiologie der systematischen Anatomie und ein Teil der Neurologie (peripheres Nervensystem).
4. Nervöse Zentralorgane, Haut- und Sinnesorgane. Sie entsprechen dem anderen Teil der Neurologie (zentrales Nervensystem) und der Ästhesiologie in der systematischen Anatomie. Man kann diese Einrichtungen den Bureau- und Vorstandsräumen der Fabrik in unserem Beispiel vergleichen.

Mit dem Wachstum unserer systematischen Kenntnisse und der Fülle der katalogisierenden Bezeichnungen, ohne welche Systematik nicht möglich ist, wächst auch die Gefahr, daß über dem System das eigentlich Lebendige, die ursächliche Verknüpfung der Teile vergessen wird. Je größer die Reihen des Systems werden, um so weniger vermag das Gedächtnis, zumal beim Anfänger, die einzelnen Glieder anschaulich so fest zu halten, daß sie mit Gliedern anderer Reihen in bezug zu setzen sind. Darin erblicke ich den Grund für die berechtigte Klage der Kliniker, daß solche Studierende, welche nur in systematischer Anatomie ausgebildet sind und darin anerkannt Gutes leisteten, später versagen, wenn es beim Kranken darauf ankommt, den lebendigen Zusammenhang und die natürliche (oder abnorm veränderte) Form zu erfassen. Die Sachlage ist ähnlich wie bei Museen der Kunst und des Kunst-

gewerbes, in denen die frühere systematische Ordnung gerade den Nichtfachmann verwirrte und lähmte, während die heutige Art, nach inneren Beziehungen zu ordnen, etwas Lebendiges anschaulich vor Augen stellt. Museumssäle, in welchen alle Türschlösser, Truhen, Ofenplatten usw. für sich gesammelt sind, richten einen öden Appell an den Besucher, der sie flüchtig durchwandert und dessen Aufnahmefähigkeit ihre natürlichen Grenzen hat; eine historisch getreu eingerichtete Stube, welche das Totalbild eines bestimmten Kulturkreises in uns erweckt, kommt unserem natürlichen Drang, die Dinge ursächlich zu begreifen, anschaulich entgegen. Gerade bei der Anatomie mit ihrem hochentwickelten systematischen Ausbau ist ein ähnlicher Weg der beste, dem Anfänger sich mitzuteilen, weil die andere Möglichkeit, den systematischen Wissensstoff gleichmäßig zu verkürzen, zwar das Gedächtnis entlastet, aber noch mehr die Anschaulichkeit einschränkt und damit sämtliche Fundamente verschüttet, auf die es dem Arzt allein ankommen kann.

Die systematische Anatomie gehört zur deskriptiven Anatomie im weiteren Sinn. Oft werden auch beide Bezeichnungen gleich gesetzt. Deskriptiv ist aber auch eine andere Art der Zusammenstellung des Stoffes, nämlich nach Örtlichkeiten: topographische Anatomie. Da sie besonders wichtig für den Chirurgen ist, so wird das dem Messer zugängliche Gebiet der topographischen Anatomie auch chirurgische Anatomie genannt. Die deskriptive Betrachtung der Körperoberfläche heißt plastische Anatomie (oder, da sie von Künstlern besonders studiert wird: Künstleranatomie). Die topographischen und plastischanatomischen Einzelheiten können anstatt rein deskriptiv auch ursächlich betrachtet werden, treten dann sofort in den Kreis unseres Gegenstandes und werden hier berücksichtigt werden. Über vergleichende Anatomie, Entwicklungsgeschichte und Rassenanatomie siehe weiter unten.

Die Zoologie ist keineswegs nur Systematik der Tiere, was der Gebrauch des griechischen Wortes „logos“ in ihrem Namen sehr schön ausdrückt. Die Anatomie der Tiere (Zootomie) und Pflanzen (Phytotomie) ergründet nach gleichen biologischen Grundsätzen die Form jener Organismen, wie es die menschliche Anatomie (Anthropotomie) für unseren Körper tut.

Man kann einen lebenden Organismus von zwei verschiedenen biologischen Gesichtspunkten aus betrachten, entweder achtet man besonders auf seine Form (Gestalt, Struktur) oder auf seinen Betrieb (Funktion). Das erstere tut die Anatomie, das letztere die Physiologie. Ebensowenig wie der Betrieb möglich ist ohne die Form, ebensowenig die Form ohne den Betrieb. Der Physiologe kann wohl praktisch den Betrieb etwa des Herzens verständlich machen unter weitgehender Vernachlässigung vieler Detailformen. Umgekehrt kann der Anatom die Form losgelöst denken etwa von den chemischen Vorgängen des Eiweißauf- und abbaues beim Stoffwechsel. Doch dies sind künstliche Grenzen, die nur in vollem Bewußtsein ihrer provisorischen Natur gezogen werden dürfen. Wir haben vielmehr beim Studium der lebendigen Form des menschlichen Körpers immer danach zu fragen, wie die Form benutzt wird, wie sie funktioniert; denn daraus allein ist sie ursächlich zu begreifen. Man nennt deshalb diese Art der Funktionen: Gestaltungsfunktionen. Die vom Physiologen studierten Betriebsfunktionen beziehen sich auf Verrichtungen physikalischer oder chemischer Art, welche an einer bestimmten, als unveränderlich angesehenen Form ablaufen und nicht unmittelbar formgebend wirken. Gestaltungs- und Betriebsfunktionen

In Wirklichkeit gibt es keine festbegrenzte unveränderliche Form; es ist deshalb nicht sicher, ob nicht auch scheinbar reine Betriebsfunktionen zwar feiner und verdeckter, doch gestaltend wirken.

Anatomie und Physiologie können nur gewinnen, wenn sie sich ihrer gemeinsamen biologischen Aufgabe bewußt bleiben. Dem stand die Arbeitsteilung vielfach entgegen, welche um die Mitte des vorigen Jahrhunderts zur Trennung der beiden bis dahin vereinigten Wissenschaften in verschiedene Lehrstühle und Institute nötigte. Sie hat tatsächlich — aber nicht notwendig! — zur Folge gehabt, daß gerade im Unterricht große biologische Gebiete fast überall sehr vernachlässigt wurden. So pflegte weder der Anatom eingehender über die Wirkung der Muskeln oder Gelenke zu sprechen, weil das „physiologisch“ sei; der Physiolog andrerseits ist nicht imstande, im Unterricht den Betrieb kompliziert gebauter Körperteile ausreichend auseinanderzusetzen, schon weil ihm das dazu nötige Anschauungs-



material fehlt und der Hörer das früher Gesehene nicht anschaulich genug im Gedächtnis zu haben pflegt. Nirgendwo anders liegen gerade die Gestaltungsfunktionen so klar zutage wie bei den genannten Bewegungsapparaten: es ist die dankbarste Aufgabe des anatomischen Unterrichtes, hier die Grundlage für die chirurgische und orthopädische Klinik zu schaffen, ebenso bei der Nervenanatomie für die medizinische und Nervenklinik und vieles andere mehr. Die Klinik selbst käme zu spät, wenn ihr überlassen bliebe, hier überall erst die Fundamente zu legen. Es kann das unmöglich deren Aufgabe sein.

Vorwelt- und Umwelt-faktoren

Die Form unseres Körpers ist der Ausdruck bestimmter Lebensbedingungen, nicht nur gegenwärtiger, sondern auch vergangener. Historische Gegebenheiten einer verschwundenen Vorwelt leben durch Vererbung in unserem Körper fort und funktionelle Bedingtheiten der heutigen Umwelt vereinigen sich mit ihnen zu den jetzt wirksamen Gestaltungsfaktoren. Sehen wir den Körper eine bestimmte Funktion, z. B. eine Bewegung, ausführen, so ist sein Bau nicht der einer Maschine, bei welcher die dazu dienliche, theoretisch ermittelte Konstruktion zweckentsprechend ausgeführt ist; der Organismus ist zu sehr an das historisch gegebene Material gebunden, um jeweils frei die beste d. h. vollkommenste Lösung einer funktionellen Beanspruchung zu finden. Es wird nicht das Vorhandene wie ein veraltetes Flugzeug beseitigt und anderes, Besseres statt dessen neu gebaut, sondern das Bestehende wird umgeändert wie alte romanische Dome, welche durch Gotik und Barock hindurch andere, neue Formen gewannen und doch vieles vom alten Kern enthalten. Der Organismus sucht von dem historisch gegebenen Ausgangspunkt aus eine solche Gestalt, daß mit möglichs geringem Aufwand an Energie ein Maximum an Leistung herauskommt. Vom Begriff des Organisierten ist der des Zweckmäßigen nicht zu trennen (RICKERT). Man denke an das Gehenlernen des Kindes: es lernt, sich allmählich aus der Vierfüßlerstellung der Tiere zu erheben und in aufrechter Körperhaltung durch ständige Verbesserung von Bewegungsfolgen ein Maximum von Ortsveränderung durch ein Minimum von Energieverbrauch zurückzulegen.

Die Vergleichung der Tiere und des Menschen miteinander, vergleichende Anatomie, die Entwicklungsgeschichte der einzelnen Lebewesen, Embryologie oder Ontogenese, und die Kenntnis leider seltener Überreste ausgestorbener Tierformen, Paläontologie, gestatten uns den Rückblick in die Vergangenheit. Auf diesem Wege können wir mit der dem historischen Wissen gegebenen relativen Sicherheit rekonstruieren, wie der Gang der vorzeitlichen Entwicklung war (Stammesgeschichte, Phylogenese). Diesen Weg der Forschung geht die Morphologie. Die Kausalität, welche sie aufdeckt, ist historischer Art (Vorweltfaktoren).

Die Umwelt äußert sich unmittelbar. Oft sind die Beziehungen so komplexe, daß hier besonders das Experiment dazu dienen muß, die wirklichen Abhängigkeiten und Gesetzmäßigkeiten von den scheinbaren zu sondern. Die Ergebnisse, welche durch richtige Abwägung und Verallgemeinerung von Beobachtungen oder durch Experimente ermittelt werden, sind gesetzliche Kausalitäten (Umweltfaktoren). Es ist keineswegs dabei nur der Organismus als Ganzes gemeint, sondern jeder seiner Teile ist in seiner Beziehung zu anderen Teilen hinüber und herüber beeinflußt (Korrelation). Die Milieufaktoren, welche innerhalb eines Organismus lokalisiert sind und von welchen bestimmte Territorien abhängig sind, andere nicht, stehen heute mit Recht im Vordergrund des wissenschaftlichen Interesses, seitdem es gelungen ist, Stückchen des Organismus bei Tieren an andere Stellen zu verpflanzen oder außerhalb des Organismus auf einem Kulturmedium wie Bakterien zu züchten (Implantation und Explantation). Die gesetzlich kausale Forschungsart nennen wir Entwicklungsmechanik.

Die experimentelle Methode ist besonders bei Embryonen anwendbar, experimentelle Embryologie. Sie kann sowohl dazu dienen speziell morphologische wie entwicklungsmechanische Probleme zu lösen.

Die Morphologie, die auf GOETHE zurückgeht und unter C. GEGENBAUR zu hoher Blüte gelangte, wird von vielen neueren anders definiert, so daß sie die Gestaltungsfunktionen mit umfaßt (auch „kausale" Morphologie genannt). Andrerseits hat W. ROUX, welcher die Entwicklungsmechanik begründete, darunter mit die phylogenetische Entwicklung verstanden („kausale Umbildungslehre der Organismen").

Der Mensch, als der bestbekannte Organismus, spiegelt in Bau und Struktur die Fülle der Natur und gibt uns wie kein anderer Einblick in die Mannigfaltigkeit des Lebendigen. SCHILLER schrieb darüber an GOETHE (Briefwechsel 23. August 1794): „Von der einfachen Organisation steigen Sie, Schritt vor Schritt, zu den mehr verwickelten hinauf, um endlich die verwickeltste von allen, den Menschen, genetisch aus den Materialien des ganzen Naturgebäudes zu erbauen. Dadurch, daß Sie ihn der Natur gleichsam nacherschaffen, suchen Sie in seine verborgene Technik einzudringen." Auch wir betrachten es als unsere Aufgabe, eine klare Anschaulichkeit der natürlichen Form und Struktur des lebendigen Menschen zu vermitteln und die in seinem Bau waltenden Regeln und Gesetze nach den im vorhergehenden aufgezeigten Prinzipien klarzulegen, soweit dies der Stand der Wissenschaft in dem gegebenen Rahmen erlaubt. Stellung des Menschen in der Natur

Es ist keineswegs so, daß die Anatomie des Menschen eine fertige abgeschlossene Wissenschaft ist; in vielem sind wir immer noch in den Anfängen. Gerade durch die biologische Betrachtung behalten wir engste Fühlung mit der fortschreitenden Wissenschaft und schützen uns davor, toten Ballast zu schleppen.

Die Lehrbücher der vergleichenden Anatomie und Embryologie (siehe oben) und der Anthropologie (= Anatomie der menschlichen Rassen und des vorgeschichtlichen Menschen) stellen den fertigen Menschen an das Ende von Stufenleitern, die im ganzen betrachtet werden. Wir beschränken uns auf die eine Sprosse, die in ihrer Art die höchste und uns die nächste ist, verlieren aber nie aus dem Auge, daß sie ohne Leiter ein Stück Holz ist, das nichts trägt.

Die Art des Aufstieges der Organismen ist nur analog dem Psychischen im Menschen zu begreifen. Man hat lange verkannt, daß Bakterien in ihrer Unkompliziertheit viel mehr Aussicht haben am Leben zu bleiben und nicht auszusterben als kompliziert gebaute Organismen. Wenn die organischen Lebewesen, anstatt im bisherigen Zustand nach Nützlichkeitszwecken konservativ zu beharren, nach Variation und Vervollkommnung drängen, so wird jeder Schritt trotz der darin steckenden Gefahren gewagt. Wie das Geistige plötzliche Evolutionen macht — man denke an die Entstehung der Philosophie im Altertum und an die damalige explosive Anwendung aller geistigen Möglichkeiten, von der wir heute noch zehren — so auch das organisch Körperliche. Unter größten Opfern und Gefahren für die Art werden einige vorgetrieben und wird der Wurf nach höherer Organisation und Leistungsfähigkeit gewagt. Das Erfassen der günstigen Gelegenheit unter den gegebenen Bedingungen ist wie bei Erfindungen das Geheimnis, welches die Neuschöpfung im Organischen umgibt. Der Newton des Grashalmes wird nicht kommen (KANT, Kritik der Urteilskraft § 75).

B. Wegleitung für das praktische Studium der Anatomie.

Wort und Schrift werden allein nie imstande sein, ein anschauliches Bild des menschlichen Körpers zu vermitteln. Es ist dazu die praktische Erfahrung, die genaue Kenntnis der Details unseres Körpers durch eigenen Augenschein unentbehrlich. Die anatomischen Praktika sind ein Glied des Unterrichtes, welches wir in Rechnung stellen und voraussetzen zum Verständnis dieses Buches. Sie sind die Fibel; wir schreiben dazu die Grammatik. Mittel des praktischen Studiums

Es hat sich in Heidelberg die Einrichtung bewährt, mit dem Praktikum seminarartige Kolloquia zu verbinden. Bevor der Studierende ein Präparat zur



eigenen praktischen Arbeit erhält, hat er sich im Kolloquium, das gruppenweise am Präparat stattfindet, über die dazu erforderlichen Vorkenntnisse auszuweisen, z. B. beim Muskelpräparat über die nötigen Knochenkenntnisse, beim Gefäßnervenpräparat über Knochen-, Muskel- und Gelenkkenntnisse usw. Fertige Lernpräparate für die Vorbereitung zu den Kolloquia werden jedem Präparanten aus den Beständen des Instituts zur Verfügung gestellt. In diesem Buch findet man die Beschreibung der einzelnen Teile des Körpers, von denen die Vorbereitung auszugehen hat, in Form kurzer Zusammenstellungen und Tabellen an den aus dem Inhaltsverzeichnis und Register ersichtlichen Stellen. Auch die Beschriftung der Abbildungen, die mit Rücksicht auf solche Zwecke sehr ausgiebig angebracht ist, wird dem Anfänger dienlich sein.

Die allgemeine Bedeutung der Praktika steckt in der Erziehung zur selbständigen Beobachtung! Es ist Sache des Lehrers, durch seine Unterweisung aus dem bloßen technischen Drill emporzuführen zur wirklichen Untersuchung, welche hier gelernt sein muß, um sie allgemein in der Medizin anwenden zu können. Die technische Übung der Finger an sich ist ebenfalls wichtig, da sie die dem Arzt nötige Schulung vorbereitet.

Es gibt zahlreiche gute Atlanten, welche das Objekt des anatomischen Unterrichtes getreu abbilden. Sie vermögen jedoch dem, welcher nicht selbst präpariert oder mikroskopiert hat, ein nur unvollkommenes Bild von dem Reichtum der Natur zu vermitteln. Zur Erinnerung für den Arzt sind sie vortrefflich. Dem Studierenden sollte die Leiche und das mikroskopische Präparat Atlas sein. Vor allem sei davor gewarnt, im naturgetreuen Atlas mehr als die Bilderfibel zu sehen und damit die eigentliche Aufgabe der Anatomie zu verfehlen. Über die Abbildungen dieses Buches siehe S. 7.

Die Zergliederung der Leiche mit den dazu dienlichen Instrumenten ist auch heute das wichtigste Mittel den Körper kennen zu lernen. Es ist ein Ersatz. Wir studieren den Toten, weil wir in ihn besser eindringen können als in den Lebendigen: Hic mors gaudet succurrere vitae (Spruch über dem Sezierraum der alten Sorbonne in Paris). Soweit es möglich ist, den Körperbau des Lebenden auf direktem Weg zu erforschen, ist jedes Mittel besonders willkommen und anzuwenden, um das an der Leiche Gewonnene zu kontrollieren und um womöglich weiter vorzudringen als an ihr (Oberflächen- oder plastische Anatomie, Röntgenuntersuchung, Behorchen, Beklopfen, elektrische Reizung usw.).

Von der Zergliederung mit dem bloßen Auge gibt es Übergänge durch die Untersuchung mit bewaffnetem Auge (Lupe, Präpariermikroskop) zur reinen Mikroskopie, welche besondere Methoden der Vorbehandlung der Objekte voraussetzt, weil sie nur bei durchfallendem Licht möglich ist (Schnittuntersuchung). Die Einteilung der Anatomie in makroskopische und mikroskopische Anatomie ist rein nach diesem Mittel orientiert; sie ist inhaltlich nicht von Bedeutung.

Wir teilen deshalb in diesem Buch die Ergebnisse der Forschung mit, ohne Wert darauf zu legen, ob sie mit mikro- oder makroskopischen oder mit welchen Mitteln auch immer gewonnen sind, wenn sie nur ein zuverlässiges Bild der Form und Struktur unseres Körpers geben.

Für die Praktika ist dagegen der ganz verschiedenen Technik wegen eine Sonderung in makro- und mikroskopische Studien allgemein durchgeführt.

Abbau und Aufbau

Die makro- und mikroskopischen Kurse lehren wesentlich den Körper in seine Teile aufzulösen, ihn analysierend zu zergliedern in seine gröberen und feineren Elemente. Es ist förderlich hier nach systematischen Gesichtspunkten vorzugehen, den Anfänger nach der auf S. 2 gegebenen Einteilung bei den Präparierübungen und bei den Kolloquia mit den Knochen, Muskeln usw. bekannt zu machen und bei den Mikroskopierübungen zuerst die Elemente, dann die komplizierteren Strukturen zu lehren (S. 19). Es ist dies jedoch nur die eine Seite der praktischen Ausbildung. Ohne darauf folgende Synthese bleibt die Analyse im eigentlichsten Sinne nur Stückwerk, das im späteren Gebrauch in Klinik und Leben meist versagt. Die Hauptaufgabe dieses Buches ist zu zeigen, wie die im Praktikum erforschten Teile sich zum lebendigen Gesamtbild zu-

sammenfügen! Soweit der Mediziner nicht imstande ist, den lebenden Menschen als etwas Durchsichtiges zu sehen, sich die innere Form nach den Merkmalen der Oberfläche und den Anschauungsbildern des Gedächtnisses vor Augen zu bringen wie der erfahrene Lotse, der das Schiff über Untiefen steuert, wie wenn er den verborgenen Boden des Meeres mit seinen Riffen leibhaftig sähe, ist ihm die Anatomie wirklich tot und unerweckt als Werkzeug des tätigen Lebens. Wer jedoch lernt den Lebenden mit anatomisch geschultem Auge zu sehen, wird vieles entdecken, was anderen nur auf schwierigen und nicht immer zuverlässigen technischen Umwegen enthüllt wird. Der Kreis des ärztlichen Wirkens im gemeinen Leben wird dadurch belebt und erweitert, die Zuverlässigkeit der Arbeit in Laboratorium und Klinik erhöht. Ich lege deshalb den größten Wert darauf, zu zeigen, wie das am Präparat Erforschte wirklich im Leben aussieht. Nicht der erschlaffte Muskel der Leiche, nicht das Schnittbild des Mikroskops ist das Ziel unserer praktischen Studien, sondern die wirklich lebendige Plastik, welche die Teile unseres Körpers haben, solange sie im Inneren verborgen sind.

Es ist selbstverständlich hier vieles nicht so sicher festzustellen wie das unmittelbar Sichtbare. Deshalb muß der Studierende von letzterem ausgehen und durch eigene Kritik lernen, Beobachtungen und Schlüsse richtig zu bewerten. Wenn wir auch nicht immer imstande sein werden, ein in jeder Einzelheit exaktes Bild des lebendigen Baues zu geben, so wird die fortschreitende Wissenschaft schon das ihrige dazu tun, Fehler auszumerzen. Wir können darauf nicht warten: das Halbe ist hier mehr als das Ganze.

Der Unterricht im Hörsaal und die eigene Fortbildung durch Bücher und Leben haben die Aufgabe, das reine Anschauungsmaterial, welches die Praktika liefern, von allen Schlacken zu befreien, welche den Untersuchungsmitteln anhaften, und die Synthese zum Wirklichkeitsbild des lebendigen Körpers zu lehren. Ich verweise auf die Einzelausführungen dieses Buches. In der Vorlesung sollte möglichst viel Gebrauch von der Demonstration des lebenden Modells gemacht werden. Der Studierende versäume nie, den eigenen Körper zu studieren. Kinematographische Aufnahmen besonders guter menschlicher Akte in charakteristischen Bewegungen sind sehr lehrreich. Krankhafte Veränderungen und klinische Fälle können in Wort und Bild mit Vorteil herangezogen werden, aber nur insoweit, als sie Experimente der Natur sind, welche das Normale richtig beleuchten. Der Pathologie und klinischen Medizin an sich soll damit nicht vorgegriffen werden.

Ich habe besondere Methoden angewendet, welche für den Präpariersaal nicht anwendbar sind, um die Muskeln in dem Zustand darzustellen, in welchem sie sich im unversehrten Körper befinden, und das Skelett so zu montieren, daß es dem natürlichen Zustand entspricht (siehe Münch. med. Wochenschr. 1917 S. 983). Bei den zahlreichen Abbildungen dieses Buches, welche nach dem so behandelten Muskeltorso angefertigt sind, ist das besonders vermerkt. Auch sonst wurden alle verfügbaren Mittel angewendet, damit die Abbildungen der natürlichen, lebendigen Form möglichst entsprechen. Sie wollen überall den Weg weisen, wie das wirklich Konstruktive des Körpers synthetisch erfaßt werden muß. Sie sind durch möglichst vollkommene Technik befreit von dem, was bei den üblichen Präparationsmethoden an Eigenheiten der Methode dem Bilde anklebt. Deshalb sind auch in weitem Maß Rekonstruktionsverfahren für die Bilder nach mikroskopischen Objekten verwendet. Der Studierende wird an der Hand dieser Abbildungen nicht wie bei vielen Atlanten Schritt für Schritt die Bilder nachschlagen können, welche er an der Leiche oder unter dem Mikroskop sukzessive zu sehen wünscht. Aber er wird das finden, was ihm nötig ist zu erfahren, wenn er das Präparat des Praktikums auf das Leben zu übertragen sucht; er wird im Praktikum selbst die Freude haben, nicht gegängelt zu sein durch die schrittweise Begleitung der Bilderbrücke, sondern frei zu beobachten unter fester Führung nach einem klaren Plan.

Die Behandlung des Stoffes im Text geht denn auch mit Absicht den synthetischen Weg. Der Körper wird von innen heraus aufgebaut. So kommen nicht wie beim Präparieren die oberflächlichen Muskeln zuerst an die Reihe, sondern gerade die tiefen. Die biologischen Prinzipien werden bei dem angewendeten Gang überall treu gewahrt. Ich erachte es für einen Vorteil, daß dadurch die sklavische Abhängigkeit der Arbeit im Praktikum vom Buche vermieden ist, daß ein Kapitel im ganzen gelesen und verstanden sein muß und nicht nur die halbe Seite, welche gerade auf eine Stelle des Präparates paßt. Es sind besondere Präparierregeln jedem

Bande angefügt, durch welche für jedes Präparat das Nachschlagen erleichtert und das Studium für den Anfänger auf die Punkte gelenkt wird, welche er für sein Präparat besonders brauchen wird. So werden, wie ich meine, zu große Schwierigkeiten vermieden. Was wir gewinnen durch unser Vorgehen ist die Selbsterziehung zur Erforschung des Wirklichen, der Grundlage aller Naturwissenschaft und Medizin.

Allgemeines über Fachausdrücke und Literatur

Es ist unvermeidlich für die Anatomie, ein ganzes Arsenal von Fachwörtern zu benutzen, um festumschriebene Bezeichnungen für die Einzelteile des Körpers zu schaffen, welche in der gemeinen Sprache fehlen. Nur soweit letztere wirklich volkstümliche deutsche Ausdrücke besitzt, können und sollen wir sie gebrauchen. Der wissenschaftliche Wortschatz ist dem Lateinischen entnommen; er ist hier mit wenigen Ausnahmen in der durch die Basler Nomenklaturkommission vereinbarten Form verwendet (1895, mit BNA bezeichnet). Da viele Teile des Körpers so detailreich sind, daß z. B. ein Knochen wie das Keilbein allein 65 Fachnamen für seine Einzelteile aufweist (Abb. 338, 339), so belasten die Namen das Studium der Anatomie ganz außerordentlich und in immer wachsendem Grade. Wir verweisen die weniger gebräuchlichen und für die Ursachenforschung entbehrlicheren Bezeichnungen möglichst in tabellarische Übersichten, die zum Nachschlagen dienen sollen. Wenn auch die Fachsprache nötig ist, um sich präzis ausdrücken und verständigen zu können, so vergesse man doch über der Scheingelehrsamkeit der Namen nie, daß alles auf die Sache und ihre Bedeutung ankommt; nichts ist öder als das inhaltlose Herunterleiern anatomischer Fachwörter, hinter welchem die größte Unkenntnis einfachster Formzustände verborgen sein kann.

Erklärungen der Fachausdrücke findet man bei TRIEPEL: Die anatomischen Namen, Wiesbaden (Bergmann) und W. ROUX: Terminologie, Leipzig (Engelmann). Im folgenden gebe ich eine Tabelle der allgemeineren Begriffe und Fachnamen, welche namentlich der Anfänger beim Gebrauch des Buches zum Nachschlagen gern zur Hand haben wird. Auf Literaturnachweise für den Text habe ich verzichten müssen. Von größeren Handbüchern sei dazu auf das vielbändige von K. v. BARDELEBEN herausgegebene „Handbuch der Anatomie des Menschen" Jena (Fischer; noch nicht vollständig) und ferner auf SCHWALBES „Jahresberichte über die Anatomie und Entwicklungsgeschichte" (ebendort) verwiesen.

Raumorientierende Bezeichnungen

Die **Achsen** des Körpers sind folgende:

- vertikal (oder longitudinal): steht beim aufrechten Stand perpendikulär zur Erde; die längste Vertikalachse heißt Hauptachse.
- transversal (oder horizontal): senkrecht zur vorigen, von rechts nach links verlaufend.
- sagittal (oder dorsoventral): in der Richtung des Pfeiles, der von vornher auf den Körper abgeschossen wird, ebenfalls senkrecht zur Vertikalen.

Die **Ebenen** des Körpers sind folgende:

- sagittale: in der Richtung einer Sagittalachse, bei aufrechtem Körper senkrecht zum Erdboden. Die Symmetrieebene, welche den Körper in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften (Antimeren) teilt, gehört zu diesen. Sie hat den besonderen Namen Medianebene.
- frontale: in der Richtung der Stirn, senkrecht zur vorigen und senkrecht zum Erdboden bei aufrechtem Körper.
- transversale oder horizontale: bei aufrechtem Körper horizontal, quer zur Vertikalen.

Die **Richtungen im Raume** sind folgende:

- kranial: auf das Kopfende zu — kaudal: auf das Steißende zu (auch oral-aboral);
- medial: auf die Medianebene zu — lateral: von der Medianebene weg (median: innerhalb der Medianebene);
- zentral: auf das Innere des Körpers zu (profundus) — peripher: auf die Oberfläche des Körpers zu (superficialis, auch sublimis);
- proximal oder basal: auf den Rumpfansatz der Gliedmaßen zu — distal (oder apikal): auf das Ende der Gliedmaßen zu;
- anterior s. ventralis: nach vorn im aufrecht gedachten Körper, bauchwärts — posterior s. dorsalis: nach hinten, rückenwärts;

superior: höher beim aufrecht gedachten Körper — inferior: niedriger;
volar: in oder nach der Hohlhand zu — dorsal: nach dem Hand-
plantar: in oder nach der Fußsohle zu oder Fußrücken zu.

Bewegungsrichtungen:

Abductio: Bewegung vom Körper weg — Adductio: Bewegung zum Körper hin;
Rotatio: Drehung um die Längsachse des Rumpfes oder der Gliedmaßen.
Extensio: Streckung des Rumpfes oder der Gliedmaßen — Flexio: Beugung des Rumpfes oder der Gliedmaßen;
Origo: das unbeweglichere Ende eines Muskels — Insertio: das beweglichere Ende eines Muskels.

Hauptteile des Körpers:

Caput: Kopf; Collum: Hals; Truncus im weiteren Sinn = Stamm, d. h. Körper ohne Glieder (Torso: der Ansatz der Glieder ist größeren- oder kleinerenteils erhalten); Truncus im engeren Sinn: Rumpf, d. h. Körper ohne Kopf und Glieder; Cauda: Schwanz, Steiß (Schwanzrudiment).

Die wichtigste **regionäre Einteilung** der Körperoberfläche (wegen der hier vorweg verwendeten Bezeichnungen siehe die späteren Kapitel oder das Namensverzeichnis am Ende des III. Bandes).

Senkrechte regionäre Grenzlinien der Brustregion (durch diese Linien ist auf der Brust, wenn die betreffende Rippe dazu vermerkt wird, jede Stelle genau festzulegen):

Linea mediana anterior und posterior: Mittellinie des Körpers (siehe Medianebene), unpaar.
Linea sternalis: folgt dem Seitenrande des Brustbeines, paarig.
Linea parasternalis: in der Mitte zwischen der vorhergehenden und folgenden, parallel zu ihnen, paarig.
Linea mamillaris: geht durch die Brustwarze, paarig.
Linea axillaris: geht durch die Achselhöhle, paarig (Linea axillaris anterior durch die vordere Achselfalte, Linea axillaris posterior durch die hintere Achselfalte).
Linea scapularis: geht durch den unteren Schulterblattwinkel bei herabhängendem Arm, paarig.

Horizontale regionäre Grenzlinien zur Einteilung der Bauchregion:

obere Bauchquerlinie: durch den tiefsten Punkt der 10. Rippe rechts und links;
untere Bauchquerlinie: durch die höchsten vorn sichtbaren Punkte des Beckenkammes.

Regionäre Felder des Bauches (durch Benutzung der senkrechten und horizontalen Grenzlinien):

Epigastrium (Oberbauchgegend): zwischen oberster Zwerchfellgrenze und oberer Bauchquerlinie; zerfällt in die unpaare Regio epigastrica (zwischen Rippenbogen) und die paarige Regio hypochondrica (Hypochondrium, von Rippen bedeckt).
Mesogastrium (Mittelbauchgegend): zwischen oberer und unterer Bauchquerlinie. Zwischen den Fortsetzungen der Lineae parasternales liegt die unpaare Regio umbilicalis (Nabelregion), seitlich davon die paarige Regio abdominalis lateralis (Weiche).
Hypogastrium (Unterbauchgegend): Zwischen unterer Bauchquerlinie und den Leistenbändern; zerfällt entsprechend dem Mesogastrium in die unpaare Regio pubica und die paarige Regio inguinalis.

Regionäre Felder des Halses:

Regio colli mediana: unpaarer Mittelstreifen, in welchem der Körper des Zungenbeines, der Kehlkopf und die Luftröhre liegen (seitliche Begrenzung durch zwei Linien, welche senkrecht durch das mediale Ende des Schlüsselbeines gezogen werden). Sie zerfällt in Regio submentalis (zwischen Kinn und Zungenbein), Regio hyoidea (über Zungenbeinkörper), Regio laryngea (über Schildknorpel), Regio trachealis (sie endet mit der Fossa jugularis über dem oberen Brustbeinrand).
Regio colli lateralis: paarig neben der vorigen. Sie wird durch den schräg verlaufenden Musc. sternocleidomastoideus eingeteilt in das Trigonum colli mediale und laterale, inneres und äußeres Halsdreieck.

Man kann mit Benutzung anderer Muskeln jederseits am Hals 5 Dreiecke unterscheiden, die eine sehr genaue Lokalisation ermöglichen (Abb. 375).

Regionäre Felder des Kopfes. Die Regionen werden nach den äußerlich wohl markierten Hart- und Weichteilgrenzen benannt; ich nenne hier nur die wichtigsten Termini für Teile des Kopfes:

Cranium: Hirnteil des Kopfes mit Frons (Stirn), Vertex (Scheitel), Tempora (Schläfen) und Occiput (Hinterhaupt).

Facies: Gesichtsteil des Kopfes, mit Palpebrae (Augenlider), Nasus (Nase), Labia (Lippen), Mentum (Kinn), Bucca (Wange).

Regionäre Felder der Gliedmaßen:

Obere Extremität: Brachium (Oberarm), Cubitus (Ellenbogen), Antibrachium (Vorderarm), Carpus (Handwurzel), Manus (Hand), Digiti manus (Finger).

Untere Extremität: Coxa (Hüfte), Femur (Oberschenkel, im engeren Sinn Oberschenkelknochen), Genu (Knie), Crus (Unterschenkel) mit Sura (Wade), Malleolus (Fessel, Knöchel), Pes (Fuß), Digiti pedis (Zehen).

Damm: Perinaeum, zwischen äußeren Geschlechtsteilen und After, Anus.

Bezeichnungen für Wachstum und Dimensionen

Maße nach dem metrischen System. Mikroskopisch kleine Größen bezeichnet man mit $\mu = {}^1/_{1000}$ mm.

Größenverhältnisse:

Hypertrophie: übermäßig großes Wachstum.

Atrophie: Schwund z. B. Inaktivitätsatrophie (Schwund wegen Untätigkeit).

Hypoplasie: Entwicklungsstillstand vor normalem Ablauf.

Seneszenz: reine Greisenrückbildung, ohne pathologische Veränderungen.

Allgemein genetische Bezeichnungen

Allgemeine Genese:

Homologie: gleiche Abstammung zweier Teile z. B. Arm und Flügel — Analogie: gleiche Teile von verschiedener Abstammung z. B. Kieme einer Muschel und eines Fisches.

Atavistisch: Rückschlag auf historisch zurückliegende Zustände der Ahnenreihe (Atavus, der Ahne) — Progressiv: voranschreitende Entwicklung auf Zukünftiges hin.

Degeneration: Entwicklung zum minder Vollkommenen, Verfall — Regeneration: Ersatz eines in Verlust gegangenen Teiles.

Metaplasie: Umdifferenzierung z. B. fertiges Bindegewebe wird in Knorpel umgewandelt — Substitution: Ersatz einer Substanz, z. B. Knorpel verschwindet und Knochen tritt an seine Stelle.

Konkordanz: entsprechende Lage benachbarter Gebilde — Diskordanz oder Diskrepanz: nicht entsprechende Lage benachbarter Gebilde.

Blastem: ungeformte Gruppe von Bildungselementen (Blast: das einzelne Element, Zelle, z. B. Ektoblasten, Zellen des Ektoderms) — Derma: blattartig angeordnete Bildungselemente (Ekto-, Meso-, Entoderm, siehe S. 23).

Metamerie: Zerlegung des Körpers in eine Serie von Querstücken, durch Querebenen voneinander getrennt).

Speziell genealogische Bezeichnungen

System der Wirbeltiere, abgekürzte Übersicht:

Amphioxus, Lanzettfisch, einziger Vertreter der Acranier (ohne Schädel).

Cranioten (mit Schädel). Dazu gehören in aufsteigender Reihenfolge:

- Pisces (Fische); zerfallen in Cyclostomen (Rundmäuler), Selachier (Haie), Ganoiden (Störe), Teleostier (Knochenfische).
- Amphibien; zerfallen in Urodelen (Salamander), Anuren (Frösche).
- Reptilien; hierher gehören Eidechsen, Schlangen, Krokodile, Schildkröten usw.
- Aves (Vögel); auch mit Reptilien als Sauropsiden zusammengefaßt.
- Mammalia (Säugetiere, Säuger).

System der Säuger:

Die niederen Abteilungen sind: Monotremen (Kloakentiere), Marsupialier (Beuteltiere), Insektivoren (Insektenfresser).

Die höheren Abteilungen reihen sich zu verschiedenen divergierenden Zweigen des Säugetierstammes aneinander (viele Details strittig): Wiederkäuer, Pferde, Elefanten und Sirenen bilden einen Zweig für sich, Raubtiere, Robben, Wale gehören zu einem anderen Zweig, Nagetiere wieder

zu einem besonderen usw. Der Zweig, welcher zum Menschen führt, ist im ganzen sehr klar. Zu ihm gehören: Prosimier (Halbaffen) und Simiae (Affen); letztere zerfallen in Platyrrhinen (Westaffen, den Prosimieren am nächsten stehend) und Katarrhinen (Ostaffen; zu ihnen gehören Cynomorphen, Hundsaffen, und Anthropomorphen, Menschenaffen, nämlich: Gibbon, Orang, Schimpanse, Gorilla; der Mensch steht der Schimpansegruppe und dem Gorilla am nächsten). Unter Primaten versteht man Affen und Mensch zusammen.

Fossile und rezente Formen des Menschen:

Pithecanthropus erectus, von Trinil (Java); Schädel und Oberschenkel eines Exemplars bekannt.

Hominiden zerfallen in

Homo Heidelbergensis, ein Unterkiefer bekannt.

Homo primigenius, viele Exemplare; hierher gehören Neandertaler; Spy-, Krapinafunde usw.

Homo sapiens, rezenter Mensch, beginnt in der Postglazialzeit. Es werden etwa 29 verschiedene Rassen (Varietäten) unterschieden. Die wichtigsten Gruppen sind: Australier, Neger, Europäer, Mongolen, Amerikaner (Indianer).

Entwicklungsmechanik: Bildungsgesetzliche Bezeichnungen

Gesetz: das ausnahmslos stattfindende Wirken — Regel (Norm): das fast immer eintretende Geschehen (in mehr als 50% der Fälle).

Faktor (Komponente): Teilursache eines Geschehens.

Determination: Festlegung auf ein bestimmtes Geschehen — Indifferenz: Unbestimmtheit des Geschehens.

Selbstdifferenzierung: die determinierenden Faktoren liegen in dem bezeichneten Bezirk — abhängige Differenzierung: sie liegen außerhalb.

Potenz: Vermögen zu einer Leistung (Omnipotenz: Fähigkeit eines defekten Lebewesens oder eines Teiles, sich zu dem Ausgangszustand zu ergänzen.

prospektive Potenz: Gesamtheit dessen, was aus einem Keimesteil (Anlage) werden kann, z. B. bei künstlichen oder natürlichen Störungen der Entwicklung — prospektive Bedeutung: das wirkliche Schicksal einer Anlage (bei ungestörter Entwicklung).

Korrelation: Wechselwirkung lebender Gebilde aufeinander.

Deformation: Abweichung vom Typischen, Normalen.

Feinere Struktur (siehe S. 19): Strukturbezeichnungen

Kontinuität: ein Gebilde besteht aus gleichartigen Elementen — Diskontinuität: Unterbrechung der gleichartigen Struktur.

Heterokontinuität: ein äußerlich einheitlicher Teil des Körpers ist aus strukturell verschiedenen Teilen gebaut, z. B. ein Skelettstück aus durch Knorpel verbundenen Knochen (jugendliche Röhrenknochen) — Homoiokontinuität: der äußerlich einheitliche Teil ist auch innerlich einheitlich, z. B. fertiges Skelettstück (nur Knochen).

C. Die allgemeine Gestalt des Menschen.

Unter „Gestalt“ des Menschen und seiner Organe versteht man im allgemeinen das an der Oberfläche Sichtbare, unter „Struktur“ das feinere Gefüge des Innenbaues (gleichgültig ob es mit bloßem oder bewaffnetem Auge sichtbar ist). Soweit die Form der Oberfläche im einzelnen Ausdruck des Innenbaues ist, wird sie erst in den speziellen Kapiteln behandelt werden. Hier kommt es auf einige ganz allgemeine Normen und Maße an, welche zwar auch durch den Innenbau bedingt sind, aber eine einführende Betrachtung, ohne näher auf das Detail des Inneren einzugehen, tunlich erscheinen lassen.

Die allgemeine Gestalt eines leblosen oder belebten Körpers ist ganz wesentlich in seinen Maßverhältnissen begründet. Es haben denn auch von alters her hauptsächlich die Künstler versucht, irgendwelche Maße ausfindig zu machen, nach welchen die menschliche Körperform zu berechnen sei (z. B. Proportionen des Erwachsenen, Modul



Körperlänge das 8fache der Kopfhöhe, Vitruvius). Die Natur belehrt uns aber bald, daß mit einem Grundschema, Kanon, nicht auszukommen sei. Die individuellen Variationen, Rassen-, Alters- und Geschlechtsverschiedenheiten sind derartig, daß eine meßbare einheitliche Grundform wie etwa bei einem Kristall nicht gefunden werden kann.

Es ist hier zu unterscheiden zwischen der naturwissenschaftlichen Problemstellung, ob eine Grundform nachzuweisen ist, und wie alle übrigen davon ableitbar sind, und zwischen der Wertfrage, ob eine bestimmte Form und welche als „Schön" anzuerkennen sei (Schönheitsideal). Sehr lehrreich ist für beides unsere deutsche Kunst, besonders ALBRECHT DÜRER; dieser war ursprünglich in der dem Vitruv entlehnten platonisierenden Idee befangen, daß ein bestimmter Kanon das Gesetz des Schönen enthalte. Diese Idealform hielt aber trotz aller Versuche, sie nach eigenen Beobachtungen zu verbessern und richtig zu stellen, der Wirklichkeit gegenüber nicht stand: einmal erkannte DÜRER, daß die natürliche Mannigfaltigkeit mit irgend einem Kanon nicht zu vereinigen ist, und dann war er als Künstler zu ehrlich, um dem einen Typus sein ästhetisches Recht zugunsten des anderen abzusprechen. Er hätte sich selbst verneinen müssen; denn die Idealform seiner tastenden Versuche wechselte von Periode zu Periode seines künstlerischen Schaffens. So stellte sich schließlich die Resignation ein, daß das Gesetz nicht in dem einen Kanon liege, sondern in der harmonischen Zusammenfügung verschiedener Formen in der Einzelgestalt (Individuum).

Alle früheren Maßvergleichungen sind dadurch beeinträchtigt, daß die Gesamtlänge (Hauptachse) des Körpers besonders herangezogen wurde. Vergleicht man etwa die untere Extremität mit der Gesamtlänge, so steckt in letzterer dasselbe Maß wie in ersterer; die Resultate sind deshalb nur Scheinvergleiche. Die Kopflänge als Kanon ist ebenfalls wenig brauchbar, weil sie unabhängig vom übrigen Körper besonders schwanken kann.

Richtig ist an den Bemühungen um einen Kanon und wesentlich für die biologische Betrachtungsweise ist, die Gestalt nicht durch absolute Maße oder Gewichte beschreiben zu wollen — diese können immer nur unterstützenden Wert haben — sondern Verhältnisse zwischen den Größen einer individuellen Gestalt aufzuzeigen. Dies tut die Proportionslehre. Sie legt einen bestimmten Teil des Körpers zugrunde, Modul, und drückt die Größen anderer Teile in Prozenten des Moduls aus. Nur so ist die Eigenartigkeit der Form in Zahlen oder Diagrammen (Abb. 2) zu erfassen. Es hat sich herausgestellt, daß die Proportionen der Halbaffen, Affen und Menschenrassen ziemliche Konstanz bewahren. Ein kletternder oder springender Halbaffe ist zwar dieser seiner Lebensweise entsprechend sehr verschieden proportioniert; beide haben aber immer viel Gemeinsames gegenüber den Proportionen eines kletternden oder springenden Affen. Ebenso scheinen die Unterschiede zwischen den Individuen einer Menschenrasse, welche verschiedenen Berufsklassen angehören, geringer zu sein als die Proportionsverschiedenheiten der Rassen selbst.

Als zweckmäßigster Modul wird die vordere Rumpflänge gewählt, d. h. der Abstand des oberen Brustbeinrandes (Jugulum) vom oberen Rand des Beckens in der Schamgegend (Symphyse des Beckens). Beide Punkte sind beim Lebenden leicht genau festzustellen (Abb. 1). Man will in diesem Maß die Länge der Wirbelsäule indirekt erfassen; diese wäre beim Menschen selbst wohl am Lebenden zu messen, bei Tieren, die man zum Vergleich gebraucht, am unversehrten Körper aber nicht mit Sicherheit zu ermitteln, deshalb wird die vordere Rumpflänge als zweckmäßiger Ersatz gewählt. Sie ist ein relativ konstant bleibendes Maß in den durch äußere Einwirkungen bedingten Fluktuationen in den übrigen Maßen des Rumpfes und der Rumpfanhänge. Diese werden auf jenes konstante Maß bezogen. In Abb. 1b sind die Meßpunkte und Meßlinien angegeben, welche gewöhnlich benutzt werden, sie richten sich möglichst nach festen Skelettpunkten. Trägt man die Meßpunkte und -linien in ein Schema ein, Diagramm, so ist die Proportion am anschaulichsten ausgedrückt (Abb. 2).

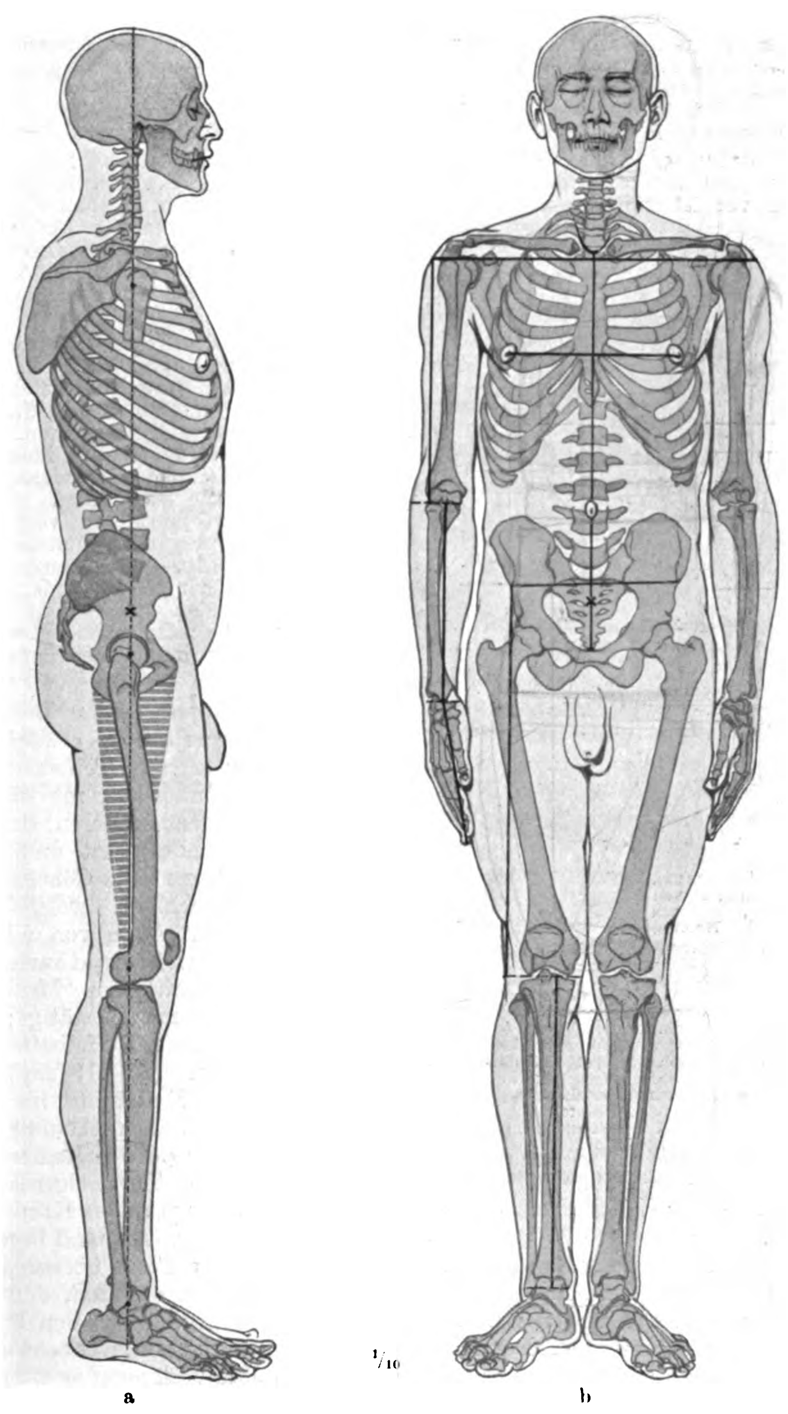


Abb. 1. Ansicht eines kräftigen Mannes mit eingezeichnetem Skelett. a) von der Seite, b) von vorn. Das Individuum ist das gleiche wie das zu den Abbildungen des Bewegungsapparates benutzte (S. 7). In Abb. a ist der Gesamtschwerpunkt des Körpers (×) und das Lot für die Normalstellung eingetragen (nach Braune und Fischer). Das schraffierte Dreieck entspricht der Gesamtmasse der Adduktoren des Oberschenkels. In Abb. b sind die Knochenmeßpunkte für den Kundigen abzulesen (man vgl. für die Meßtechnik Martin, Lehrb. d. Anthrop.). Das Becken und der Brustkorb zeigen normale Asymmetrie. × Gesamtschwerpunkt.

Im Diagramm wird auf perspektivische Verkürzungen keine Rücksicht genommen; so ist z. B. in Abb. 2 die Fußlänge in die Papierebene gebracht und ihrer wahren relativen Länge nach wiedergegeben. Vielfach werden die Diagramme ähnlich wie Blütendiagramme ohne Rücksicht auf die Körperform angefertigt, soweit diese unwesentlich erscheint, siehe Abb. 3 und Erklärung dazu.

Trotzdem es große Mengen von Messungen gibt, ist doch die Zahl solcher Maße, welche zum exakten Vergleich der Variationsbreite des Menschen dienen könnten, verhältnismäßig gering. Ich lasse es hier bei dem einen Beispiel bewenden. Es genügt als Grundlage für das Folgende. Es sei aber darauf hingewiesen, daß es sich um einen individuellen Fall, nicht etwa um Durchschnittszahlen handelt.

Die sexuellen Differenzen sind besonders auffällig. Die Frau hat einen etwas längeren Stamm resp. Rumpf als der Mann, eine breitere Hüftregion, dagegen kürzere Extremitäten. Diese Differenzen sind bei allen Menschenrassen gleichsinnig, aber nicht in der gleichen Stärke ausgeprägt. Sie sind zur Zeit der Geburt nicht vorhanden, die Hauptumprägungen entstehen beim Europäer im 10.—15. Lebensjahr, bei der Frau früher als beim Mann. Sie gehören zu den spezifischen sekundären Geschlechtsmerkmalen wie andere Körpermerkmale auch (Brustdrüse der Frau, Backenbart des Mannes usw.).

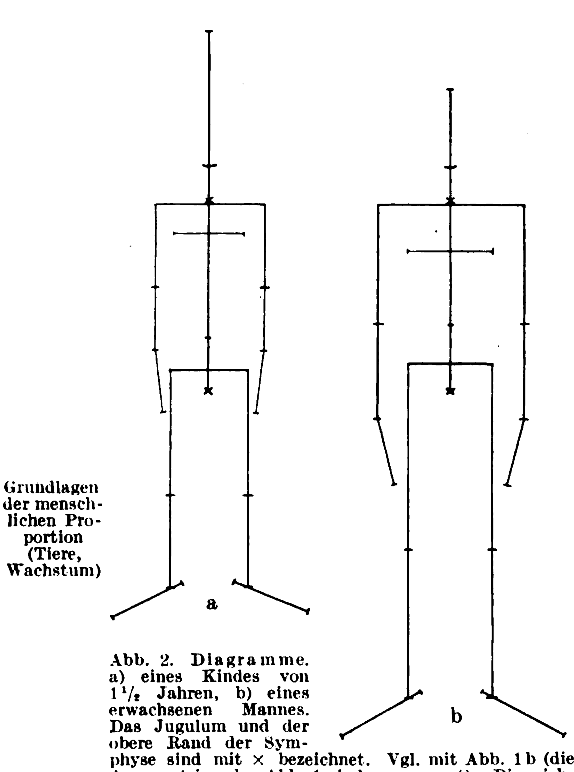


Abb. 2. Diagramme. a) eines Kindes von $1^1/_2$ Jahren, b) eines erwachsenen Mannes. Das Jugulum und der obere Rand der Symphyse sind mit × bezeichnet. Vgl. mit Abb. 1b (die Asymmetrien der Abb. 1 sind ausgemerzt). Die wichtigsten Meßlinien wurden von Prof. Mollison in Prozenten der vorderen Rumpflänge wie folgt bestimmt (für das Kind in Klammern): vordere Rumpflänge ×× (100) 100, Schulterbreite (58,0) 78,0, Abstand der Brustwarzen (36,8) 45,4, Nabellage (gegen das Jugulum) (71,4) 64,8, Abstand der vorderen Darmbeinstachel (41,4) 42,0, Oberarmlänge (44,2) 62,6. Unterarmlänge (33,3) 50,0, Handlänge (32,5) 36,4, Oberschenkellänge (Darmbeinstachel bis Kniespalte) (65,8) 98,0, Unterschenkellänge (48,9) 79,6, Vorfußlänge (von Malleolus tibiae bis Fußspitze) (34,6) 43,0, Kopfhöhe (Scheitel bis Kinn) (63,2) 40,0, Kopfhalshöhe (Scheitel bis Jugulum) (71,9) 58,0.

Grundlagen der menschlichen Proportion (Tiere, Wachstum)

Die proportionalen Beziehungen der Körperteile des erwachsenen Menschen gehen zum Teil zurück auf die Artverwandtschaft mit den uns zunächst stehenden Tieren, zum Teil auf die besondere Art und Weise unseres Stehens und Gehens. Die Menschenähnlichkeit, welche dem Laien bei den Affen von jeher so stark aufgefallen ist, wird auch durch die wissenschaftlichen Messungen ihrer Körperformen bestätigt; denn die Diagramme von Halbaffen und Menschenaffen (S. 11) sind dem menschlichen Diagramm im allgemeinen sehr ähnlich (Abb. 3). Der schmale Habitus der Halbaffen, welcher allen flinken Tieren eigen ist, weil ein seitlich abgeplatteter Körper dem geringsten Luftwiderstand begegnet, ist bei den anthropomorphen Affen bereits in die breite Form übergegangen. Die Proportionen der Arme sind bei letzteren beeinflußt dadurch, daß diese Tiere beim aufrechten Stehen und Gehen sich vorübergehend mit den Fingern auf den Boden aufstützen. Der Mensch, welcher allein dauernd aufrecht stehen und gehen kann, besitzt keine so ausgeprägte sekundäre Verlängerung der Arme, er steht darin den Proportionen der Halbaffen näher. Dagegen zeigt er die größte relative Länge der unteren Extremitäten von allen. Diejenigen Affen, welche ihm darin am nächsten stehen, sind die „Hangeler", welche sich stützen, indem sie mit den Händen der vorderen Extremitäten Äste über ihrem Kopf

ergreifen und so das Körpergewicht in der Schwebe erhalten. Es scheint, daß die Vorfahren des Menschen in ähnlicher Weise den aufrechten Stand und Gang lernten.

Man unterscheidet fünf Typen der tierischen Lokomotion: Springer, Kletterer, Läufer, Hangeler und Gänger. Jedem Typus entspricht eine bestimmte Art der Proportionen. Es läßt sich danach die Mischung der genealogischen und funktionellen Faktoren in viele Einzelheiten hinein verfolgen.

Trotz aller Ähnlichkeiten mit Affen sind die menschlichen Proportionen spezifisch. Im ganzen stehen sie am nächsten denjenigen des Schimpanse. Es scheint, daß feinere mechanische Beschäftigungen zur Verschärfung und Steigerung der spezifisch menschlichen Proportionen drängt (besonders Verkürzung der Arme bei Städtern). Grobe Muskelarbeit der bäuerlichen Bevölkerung fällt dagegen mit relativ langen Armen, langen Beinen, großen Füßen zusammen. Es beruht das wahrscheinlich darauf, daß die Geschlechtsreife bei Städtern früher als auf dem Lande eintritt (siehe Geschlechtsdrüsen, Bd. II). Auch die durchschnittlich geringere Größe der Frau gegenüber dem Mann und die Größe der Nordländer gegenüber den Südländern hängt damit zusammen.

Beim Kind sind die Proportionen sehr verschieden von denen des Erwachsenen (Abb. 2 a). Arme und Beine, besonders letztere, sind relativ kürzer, der Kopf bedeutend größer (Körperlänge anfangs nur das 4fache der Kopfhöhe, beim Erwachsenen das 8fache). Es spiegeln sich darin Besonderheiten der Ontogenese, die darauf eingestellt ist, die wichtigen nervösen Zentral- und Sinnesorgane des Kopfes (Gehirn, Auge, Ohr) im Wachstum zu beschleunigen, so daß rechtzeitig bei und nach der Geburt die für den Gebrauch des Organismus nötigen Reize und Antriebe zur Hand sind. Bekanntlich ist das Auge des Kindes relativ groß; der Bulbus erreicht bereits in der Kindheit seine definitive Größe. Andrerseits steckt in den proportionalen Beziehungen zwischen Rumpf und Gliedmaßen noch vieles, was primitiven Zuständen (Abb. 3 a) näher steht, als es beim Erwachsenen der Fall ist. Erst mit dem Gebrauch strecken sich die Gliedmaßen. Der Mensch erreicht ungefähr mit 5 Jahren 60%, mit 10 Jahren 75%, mit 15 Jahren 90%, mit 20 Jahren 99% und mit 30 Jahren 100% seiner definitiven Körpergröße.

Am auffälligsten ist die verschiedene Stellung des Nabels in den verschiedenen Lebensaltern. Beim Neugeborenen fällt die Halbierungslinie der Körperlänge in den Nabel. Mit dem stärkeren Wachstum der Beine rückt der Nabel allmählich höher; die Halbierungslinie fällt vom 15. Jahre ab in die Symphyse. Erwachsene infantile Typen fallen dadurch auf, daß der Nabel wie beim Kind der Halbierungslinie ganz nahe liegen kann. Eunuchoide Menschen haben abnorm große Distanzen, z. B. Halbierungslinie 11 cm unterhalb der Symphyse.

Die Hauptachse des Körpers (S. 8) ist bei erwachsenen Europäern durchschnittlich 165 cm lang (beim Mann durchschnittlich 170, bei der Frau 160 cm). Unterhalb und oberhalb einer Normalschwankung von 140—175 cm beruht sie auf abnormer Entwicklungsstörung oder ist sonstwie krankhaft bedingt. Es gibt ganze Pygmäenvölker in Zentralafrika und auf den Inseln des indischen und stillen Ozeans, deren mittlere Körpergröße im männlichen Geschlecht 150 cm nicht erreicht. Bis 105 cm abwärts spricht man von zwerghaftem Wuchs, darunter von echten Zwergen. Die kleinsten ausgewachsenen Zwerge, welche sicher beglaubigt sind, maßen um 80 cm. Bis 205 cm Länge aufwärts spricht man von übergroßem Wuchs, darüber von Riesenwuchs. Beglaubigt ist eine Größe von 283 cm. Absolute Länge

Die Extreme, Zwerg- und Riesenwuchs, beruhen vielfach auf Störungen der das Wachstum regulierenden Drüsen, der Schilddrüse, Thymus, Hypophyse und der Zwischensubstanz der Geschlechtsdrüsen (siehe diese Organe). Die mittleren Schwankungen sind von zahlreichen inneren und äußeren Einflüssen abhängig. Mittelgroße Menschen sind nicht etwa aus Kreuzungen Großer und Kleiner entstanden, sonst müßte längst die ganze Menschheit von mittlerer



Körpergröße sein. Sind die beiden Eltern von verschiedener Größe, so prävaliert (vielfach nach den MENDELschen Gesetzen) unter den Kindern entweder der eine oder andere Elter oder dessen Vorfahren. Es kann so ein langes Gesicht mit einer kurzen Nase kombiniert sein u. dgl. m.

Es kann regelmäßig die Körpergröße der Kinder die beider Eltern übertreffen (Beispiel: Rehobother Bastards in Deutsch-Südwestafrika). Günstige Ernährungsbedingungen und hygienische Zustände begünstigen die Größenzunahme der Art, ungünstige hemmen sie. Der Neandertaler war untermittelgroß. Besonders im Norden Europas ist ein Ansteigen der mittleren Körpergröße um 4—6 cm seit der Steinzeit durch Gräberfunde sichergestellt, am meisten seit dem 14. Jahrhundert. In Zentraleuropa hielten sich die untermittelgroßen

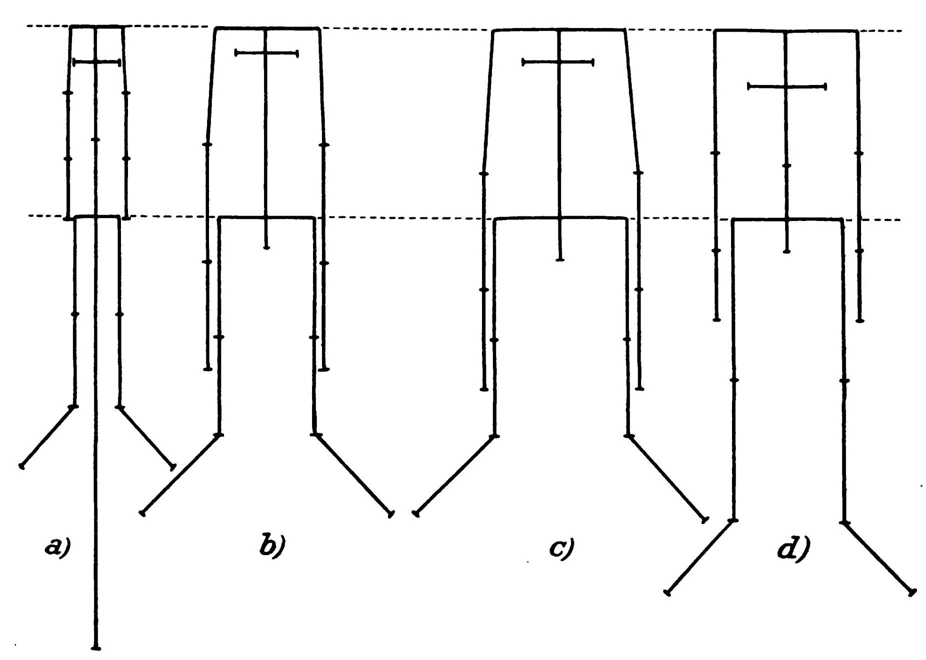


Abb. 3. Diagramme der Körperproportionen bei gleich gedachter vorderer Rumpflänge. a) Halbaffe (Lemur macaco), b) Schimpanse, c) Gorilla, d) Mensch. (Aus Mollison: Die Körperproportionen der Primaten, Morph. J. 1910.) Die Abbildungen sind nur unter sich, nicht mit Abb. 1 und 2 vergleichbar. Denn hier ist z. B. als Beckenbreite der größte Abstand der Beckenkämme genommen und der Abstand Trochanter-Kniespalte ist ohne Rücksicht auf den Abstand des Trochanter von der Crista an die Beckenbreite angehängt u. a. m.

Formen besser und drückten die zuwandernden großen Formen immer wieder hinab. Die Sekrete der oben genannten Drüsen scheinen in der Einzelentwicklung das Wachstum der verschiedenen Körperteile zu bestimmen.

Körperfülle (Gewicht, Fläche)

Das mittlere Körpergewicht des Erwachsenen beträgt rund 60 kg (Mann 66 kg, Weib 55 kg). Für die Form ist die Beziehung zwischen Größe und Gewicht, die Körperfülle, besonders maßgeblich. Die genannten Zahlen gehören zu Menschen von durchschnittlicher Körpergröße. Ein Mann von 44 kg. der 150 cm groß ist oder einer von 75 kg, der 180 cm mißt, hat verhältnismäßig den gleichen Habitus wie der Durchschnitt von 170 cm Länge und 66 kg Gewicht. Denkt man sich den Körper eines beliebigen Menschen zu Brei zerstampft und damit ein zylindrisches Gefäß von der Länge des betreffenden Individuums bis zum Rande angefüllt, so wird man bei geringerer Gesamtmasse einen engeren. bei größerer einen weiteren Zylinder benutzen müssen. Die mittleren Höhen-



und Gewichtszunahmen des Menschen sind nach dieser anschaulichen Methode für ein gleichmäßiges Menschenmaterial berechnet worden (Abb. 4). Das Gewicht nimmt danach ziemlich gleichmäßig zu mit zunehmendem Wachstum. Nur gibt es eine Zeit während der zweiten Lebensdekade, in welcher sich der Mensch streckt, ohne an Körperfülle wesentlich zuzunehmen. Denn die Breite des betreffenden Jahresstreifens in der Tabelle ist gegenüber den Nachbarn gering, die Höhenzunahme ungefähr die gleiche (13. Jahr). Es ist die Periode kurz vor der Pubertät mit ihren überschlanken Figuren besonders bei Knaben, welche gewisse Epochen der Kunst zur Darstellung des menschlichen Körpers bevorzugen (Frührenaissance).

Wenn das Wachstum sich seinem Ende nähert, so sistiert allmählich auch die Zunahme des Gewichtes (18. Jahr u. ff.). Die Breiten- und Höhenzunahme des Jahresstreifens im Schema nimmt ab. Nur im höheren Lebensalter, nachdem das Wachstum ganz abgeschlossen ist, pflegt bei behaglicher Lebensweise die Körperfülle wieder zu steigen (Embonpoint). Der erwachsene Mann, der 165 cm groß ist, pflegt 63 kg schwer zu sein; für den 17jährigen Jüngling von der gleichen Körpergröße ist das Durchschnittsgewicht nur 50 kg. Denkt man sich aus einem Zylinder des oben beschriebenen Schemas eine Scheibe von 1 cm Höhe herausgeschnitten, so wiegt sie beim Neugeborenen 60 g, beim 17jährigen 330 g, beim Erwachsenen 460 g. Bei zu großem Gewicht wird der Körper plump, faß- und kugelförmig, bei zu geringem Gewicht „spindel"dürr. Ein Untergewicht, das ca. 40% der durchschnittlichen Körperfülle erreicht, ist tödlich.

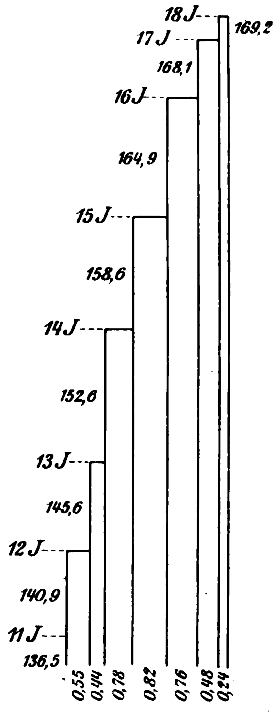


Abb. 4. Schema des Wachstums der Körperfülle mit Benutzung der Mittelzahlen von 800 Knaben der Stoyschen Erziehungsanstalt in Jena. Messungen von Koch-Hesse: Zeitschrift f. Schulges.-Pflege 1905. Man denke sich die Zylinder, welche für die Körperfülle am 11.—18. Geburtstag der Knaben berechnet sind, so aufeinandergelegt, daß sich die linke Seite und linke untere Ecke bei allen deckt. Die hier gezeichneten Streifen geben an, um wieviel die rechte Seite und rechte obere Ecke des nächst größeren Zylinders die vorhergehenden überragt. Die Differenzen der Breiten- und Höhendurchmesser werden so besonders anschaulich. Um sie noch mehr hervorzuheben, ist die Höhe der Zylinder im Verhältnis zur Breite auf die Hälfte reduziert (die tatsächlichen absoluten Höhenmaße sind bei jedem Streifen in cm vermerkt, die Breitenzunahmen der Zylinder in mm ist am unteren Rande der Abbildung eingetragen).

Die **Körperoberfläche** des Erwachsenen beträgt im Mittel 16—19000 qcm; dies entspricht einem Quadrat von 130 cm Seitenlänge. Beim Neugeborenen würde das Quadrat 50 cm Seitenlänge haben. Berechnet man die Körperoberfläche pro kg Körpergewicht, so ergibt sich beim Erwachsenen 301 qcm, beim Neugeborenen 812 qcm. Der Mensch hat also bei der Geburt eine etwa $2^3/_4$ mal größere Oberfläche als der Erwachsene im Verhältnis zum Körpervolumen (das 7jährige Kind noch $1^1/_2$ mal größer). Kinder bedürfen deshalb eines größeren Stoffumsatzes, um die große Oberfläche mit ihrem kleinen Körper gerade so stark zu heizen wie der Erwachsene. Gegen äußere Einflüsse ist das Kind, je jünger es ist, um so exponierter (Erkältungen) und eines erhöhten Wärmeschutzes um so bedürftiger.

Das **Volumen** des Erwachsenen beträgt rund 60—70000 ccm; dies entspricht einem Würfel von 40 cm Seitenlänge (beim Neugeborenen 15 cm).

Die Median- oder Symmetrieebene teilt wohl im allgemeinen den Körper in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften (S. 8). Aber im einzelnen gibt es zahlreiche Abweichungen, **Asymmetrien**, die für den Menschen typisch, normal sind. Allgemein bekannt ist unter den Eingeweiden die Lage des Herzens vorwiegend auf der linken Körperseite. Auch fast der ganze übrige Inhalt der Brust- und Bauchhöhle ist im einzelnen asymmetrisch verteilt (große Gefäße, Symmetrie u. normale Asymmetrie

Magen, Darmkanal, Leber, Milz und vieles andere mehr); nur seine Gesamtmasse hat annähernd symmetrische Form. Die äußere Gestalt des Körpers wird also dadurch nicht betroffen. Für diese sind mehr die Asymmetrien der Muskulatur und des Skeletts maßgeblich. Es sei hier vorweg darauf hingewiesen, daß in allen Einzelheiten beträchtliche Abweichungen von der Symmetrie beobachtet werden, z. B. Schiefstellung des Brustbeines und schiefes Becken (Abb. 1), seitliche Ausbiegungen der Wirbelsäule (Abb. 83), schiefe Nase und andere Gesichtsasymmetrien (Abb. 395, 396). Im allgemeinen werden Abweichungen von der Symmetrie an der einen Stelle des Körpers durch entgegengesetzt gerichtete an anderen Stellen so weit ausgeglichen, daß die beiden Körperhälften ihrer Form im ganzen nach nicht sehr verschieden sind. Das kommt auch im Gewicht zum Ausdruck. Die eine Körperhälfte differiert meist nur um 1—2 % des Gesamtkörpergewichtes von der anderen. Die Lokomotion ist es, welcher die gleichmäßige Gewichtsverteilung zugute kommt. Auch beim Schiffsbau hat der Mensch als einfachstes Mittel das Gleichgewicht herzustellen, die Symmetrie der beiderseitigen Schiffshälften angewendet. Die Kräfte, welche beim Körper die Symmetrie bedingen und die Asymmetrien so regeln, daß das Körpergleichgewicht nicht gestört wird, kennen wir zur Zeit nicht.

Am häufigsten ist die rechte Körperhälfte etwas schwerer als die linke, und zwar liegt das Plus wesentlich im rechten Arm (Rechtshänder). Dieser ist durchschnittlich 1 cm, seltener bis über 2 cm länger als der linke; doch ist meistens das linke Bein als das bevorzugte Standbein länger als das rechte (10—13 mm) und dadurch die Gesamtdifferenz zwischen rechts und links bis auf Spuren ausgeglichen. Die Rechtshändigkeit wird im individuellen Leben durch die besondere Ausbildung der linken Hirnseite für feinere Bewegungsvorgänge indiziert (siehe Gehirn). Bei Linksern ist umgekehrt das Bewegungszentrum auf der rechten Gehirnseite angeboren. Ungewöhnliche Vertauschungen zwischen rechts und links sind am auffälligsten bei den Eingeweiden: angeborener Situs viscerum inversus (Rechtslage des Herzens und der übrigen, sonst links liegenden Eingeweide und umgekehrt, auch nur des Herzens allein). Es ist neuerdings gelungen, bei Embryonen niederer Wirbeltiere experimentell den Situs inversus der Eingeweide hervorzurufen und die Bedingungen seines Zustandekommens zu studieren. Aus solchen Experimenten ist am ehesten Aufschluß über die Gesetze der Symmetrie zu erhoffen. Auf die Zustände selbst wird im einzelnen zurückzukommen sein.

Normalstellung, Schwerpunkt des Körpers

Es ist eine Stellung des Körpers vereinbart worden, welche als **Normalstellung** bezeichnet und den Bezeichnungen: oben, unten, lateral, medial u. dgl. zugrunde gelegt wird (S. 8). Befindet sich der menschliche Körper nicht in dieser Stellung, so kann man derartige Bezeichnungen doch verstehen, indem man sie auf jene Normalstellung bezieht und auf die jeweilige Stellung entsprechend überträgt. In der Normalstellung steht der Körper aufrecht, die Arme hängen herab, der Daumen sieht nach auswärts, die Beine stehen nebeneinander, die Fußspitzen divergieren (Abb. 148 a, 268). Diese Stellung ist nicht die natürliche Ruhelage, welche die Glieder des Lebenden annehmen, wenn sie entspannt herabhängen (Abb. 1 b). Die Gründe werden in den speziellen Kapiteln des Bewegungsapparates erörtert werden (siehe besonders: Oberarmmuskeln).

Man kann für jedes Glied, aber auch für den Gesamtkörper den Massenmittelpunkt ermitteln. Von der Verteilung dieser Punkte im bewegten Körper leiten wir das Gefühl dafür ab, ob ein Beharren in einer bestimmten Stellung für längere Zeit oder nur vorübergehend möglich ist. In der Kunst kann durch dieses Mittel dem Beschauer einer Bildtafel oder Plastik die Bewegung des Dargestellten suggeriert werden. Die technische Möglichkeit, ein schweres Bronzebildwerk auf einer kleinen Unterlage zu balancieren (Abb. 272) hat große Ähnlichkeit mit der Aufgabe für den Körper, eine bestimmte Stellung mit mäßigem Kräfteverbrauch einzuhalten. Der **Schwerpunkt** des ruhig stehenden aufrechten Menschen liegt in einer Vertikalebene, welche durch die wichtigsten Gelenke hindurchgeht (Abb. 1 a); infolgedessen stehen alle Teile im labilen Gleichgewicht übereinander. Der Schwerpunkt selbst fällt in den Beckenraum (ein wenig unter das Promontorium, bei × Abb. 1 a, b).

D. Die Baumaterialien des menschlichen Körpers.

Der Körper ist letztlich aus Zellen zusammengesetzt. Wir nennen so kleinste abgegrenzte Mengen der lebendigen Substanz. Sie wurden zuerst bei Pflanzen entdeckt und nach den — allerdings abgestorbenen — mikroskopisch kleinen, wabigen Elementen des Flaschenkorkes benannt. Gerade die den Pflanzenzellen eigene Hülle der Zelle, die aus Zellulose besteht, ist der am wenigsten wichtige Bestandteil der Zelle. Man sieht z. B. bei Algen unter dem Mikroskop, wie die Hülle platzt und der Inhalt seine „Zelle" verläßt, um herumzuschwärmen und eine neue Alge zu bilden. Der frei gewordene Häftling ist also die Hauptsache. Man nennt ihn Zelleib, Protoplasma. Tierische Zellen haben meistens nur eine krustenartige Abgrenzung des Zelleibes, keine separate Hülle. Zu der Zelle gehört regelmäßig ein Kern, Nucleus, der eine besondere Rolle bei der Vermehrung der Zelle spielt. Er ist ihr Teilungsorgan. Eine färbbare Substanz des Kerns, das Chromatin, ordnet sich zu Beginn der Teilung in Fäden von bestimmter Zahl (beim Menschen 48 Stück, Chromosomen). Jeder Faden spaltet sich der Länge nach in zwei Fäden. Durch einen besonderen Mechanismus werden die Hälften der Fäden an zwei einander gegenüberliegenden Polen der Zellen gesammelt und dann zu einem neuen Kern vereinigt. Nachdem sich der Zelleib so geteilt hat, daß in jeder Hälfte je ein neu gebildeter Kern liegt, ist die Zellteilung zu Ende: aus einer Zelle sind zwei entstanden. Man nennt den ganzen Zyklus wegen der Auflösung des Kernes in Fäden: mitotische Teilung (oder indirekte Teilung). Eine unmittelbare (direkte) Halbierung des Kerns in zwei oder mehr Kerne kommt zwar bei vielen Zellen vor; sie ist aber meistens nicht von einer Zellteilung gefolgt. Der Umweg über die mitotische Zerlegung des Kerns hat Bedeutung für die Vererbungsprozesse. Die einzelnen Kernfäden der Mutterzelle sind spezifische Individuen, Vererbungsträger, deren Abkömmlinge durch die Längsteilung eines jeden Fadens jeder Tochterzelle mit auf den Weg gegeben werden.

Struktur-elemente (Zelle, Gewebe)

Es gibt noch eine Reihe anderer Bestandteile der Zelle außer Protoplasma und Kern. Es scheint aber, daß kein Stück der Zelle für sich lebensfähig ist, wenn auch früher die einfachsten Zellen aus einzeln lebenden Bestandteilen der jetzigen Zellen entstanden sein mögen. Einzeln lebende Zellen gibt es dagegen. Die niedersten Tiere, die Protozoen, sind solche. Einzelne Zellen höherer Wesen, auch des Menschen, lassen sich aus dem Verband des Körpers lösen und durch Züchtung auf dem Objektträger isoliert am Leben erhalten, so daß sie sich vermehren. Das Ei und der Samenkörper, aus deren Vereinigung das Kind entsteht, sind natürliche, aus dem Körperverband ausscheidende Einzelzellen. Wir nennen deshalb die Zelle den Elementarorganismus. Die Lehre von den Zellen heißt Zytologie.

Die Zellen ordnen sich durch Vermehrung zu Zellverbänden. Da sich Zellen dabei verschieden verhalten, indem entweder sie selbst im Verband verschiedene Form annehmen oder verschiedenartige Abscheidungen von Zellen, Zellderivate, in den Vordergrund treten, kommen sehr verschiedene Zellverbände zustande. Bei manchen sind die erzeugenden Zellen ganz durch ihre Derivate zurückgedrängt; ihnen zu liebe ist für die Zellverbände der Name Gewebe geprägt worden. Man nannte so die den Textilstoffen unserer Technik vergleichbaren faserigen Substanzen, welche unter der Epidermis in der Lederhaut (Korium) und an vielen anderen Stellen des Körpers vorkommen. Man nennt danach allgemein die Lehre von den Zellverbänden Gewebelehre, Histiologie. Es gibt folgende Gewebe:

A. Vegetative Gewebe.

I. Epithelgewebe (Abbildungen siehe Eingeweide, Bauelemente des gastropulmonalen Apparates, Bd. II). Die Zellen sind nur durch geringe Mengen von Zwischensubstanz miteinander verbunden und deshalb gegeneinander abgekantet (Polyeder); werden sie künstlich isoliert, so nehmen viele Epithelien wieder kugelige Form an. In der Zwischensubstanz gibt es feinste Spalten für Flüssigkeiten: Epithellymphe. Blutgefäße kommen im Epithel nicht vor. — Eine besondere Abart des Epithels sind Zellen, deren Protoplasma Sekrete ausscheidet; sie heißen Drüsenzellen. Einzellige Drüsen sind solche, welche verstreut in anderem Epithel liegen; vielzellige Drüsen sind Epithelverbände, die im ganzen zu Drüsengewebe geworden sind.

II. Stützgewebe. Hierher gehören die den Organismus stützenden, skelettbildenden Gewebe.

a) Chordagewebe. Die Zellen stehen hier noch im Vordergrund. Sie sind vakuolisiert und dadurch gegeneinander gepreßt. Die Chorda ist ein axialer Stab, welcher bei niederen Wirbeltieren allein den Körper stützt, bei höheren noch beim Embryo einzige Stütze ist (Abb. 5, 6), aber dann durch Knorpel und Knochen ersetzt wird. Die Chordascheiden, welche die Chorda umhüllen und dem Innendruck der Chordazellen Widerstand leisten, sind aus zellfreien Derivaten zusammengesetzt, die von den Chordabildungszellen einseitig nach außen abgeschieden werden.

b) Bindegewebe. Die Zellen scheiden allseitig eine durchsichtige Grundsubstanz ab, so daß sie weit auseinander zu liegen kommen. In die Grundsubstanz sind Fasern eingebettet. Es gibt Blut- und Lymphgefäße im Bindegewebe. Doch ist es sehr genügsam. Isolierte Stücke können ohne Blutzufuhr lange außerhalb des Körpers lebendig bleiben; sie eignen sich deshalb gut zur Heilung von Defekten (durch Pfropfung, Transplantation).

1. Embryonales Bindegewebe. Bei sich entwickelnden Organismen und in der Nabelschnur. Die Grundsubstanz ist flüssig oder gallertig weich. Fasern sind noch wenig entwickelt. Zellausläufer verzweigen sich in der Grundsubstanz und verbinden benachbarte Zellen zu einem netzförmigen Synzytium oder Plasmodium.

2. Fibrilläres Bindegewebe. Die Fasern stehen im Vordergrund und können trotz ihrer Feinheit durch geeignete Lage dem Gewebe große Festigkeit verleihen, z. B. dann, wenn sie durch ihre Lage gespannt werden. Man unterscheidet leimgebende, kollagene Fasern und nicht leimgebende, elastische Fasern.

3. Straffes Bindegewebe. Es besteht wesentlich aus kollagenen Fasern, die in der Hauptzugrichtung liegen, z. B. in Sehnen (deshalb auch Sehnengewebe genannt, Abb. 37, 42, 43). Die Fasern sind sehr biegsam, aber nicht eigentlich dehnbar. Werden sie überdehnt, so können sie wie ein mit Gewalt ausgezogener Bleidraht nicht mehr die alte Form einnehmen.

4. Elastisches Bindegewebe (Abb. 65). Es besteht wesentlich aus elastischen Fasern, Netzen oder Membranen aus solchen. Sie sind biegsam und dehnbar wie Kautschuk, sie kehren in die alte Form zurück wie ein Gummiband, sobald es nicht mehr ausgezogen wird.

5. Retikuläres Bindegewebe. Es kommt nur in lymphatischen Organen vor, während die Gruppen 2—4 überall in den Bewegungsapparaten und sonst in den Organen als Zwischengewebe zu finden sind. Die feinere Struktur des retikulären Bindegewebes unterliegt noch zahlreichen Kontroversen (siehe lymphatische Organe, Bd. II).
6. Fettgewebe (Abb. 36). Die Zellen stehen hier im Vordergrund, sie sind mit Fettkügelchen gefüllt. Nur insoweit Fettkugeln innerhalb der Zelle liegen, sind sie ein lebendiger Bestandteil des Körpers. Darin unterscheidet sich das Fettgewebe vom „Fett" der Küchensprache u. a. Viele solcher Zellen sind durch wenig dazwischen liegendes Gewebe zu Fettpolstern verbunden.
7. Pigmentgewebe. Die Zellen sind durch eingelagerte gelbliche, braune oder schwarze Körnchen gefärbt. Bei Tieren, bei welchen die Körnchen im Zelleib wandern, kommt durch sie der äußere Farbwechsel zustande (Chamäleon).
8. Blut. Es ist eigentlich kein Gewebe; denn die Zellen entstehen nicht im Blut, sondern in besonderen blutbildenden Organen. Man kann aber die Flüssigkeit des Blutes, Blutplasma, in welchem die Blutzellen schwimmen, mit der verflüssigten Grundsubstanz eines Bindegewebes vergleichen. Es bleiben nur die Zellen als geformte Elemente übrig (siehe Bd. II, Blut und Lymphe).

c) Knorpelgewebe. Die Grundsubstanz ist reich an Chondroitinschwefelsäure. Sie ist durchscheinend, hyalin, in Schnitten leicht färbbar (z. B. blau mit Hämatoxylin). Die Zellen liegen in großen Abständen in der Grundsubstanz. Ihre nächste Umgebung ist die Zellkapsel, ein jüngeres Produkt der Zelle, das bald sehr wenig, bald sehr stark färbbar ist (achromatische oder chromatische Kapseln). Die verschiedenen Knorpel im Körper sind daran unterscheidbar. Die Knorpelgrundsubstanz enthält keine Gefäße, außer kurz vor der Verknöcherung und ausnahmsweise bei sehr dicken Knorpeln (Pferd).
1. Hyaliner Knorpel (Abb. 12). Die Grundsubstanz läßt keine Einlagerung erkennen. Daß Fasern, welche den Bindegewebsfasern vergleichbar sind, in ihr versteckt — „maskiert" — liegen, ist nicht unwahrscheinlich.
2. Faserknorpel (Abb. 63). Die Grundsubstanz ist besonders resistent durch oft zahlreiche eingelagerte kollagene Fasern. Ist in dem Faserfilz die hyaline Grundsubstanz scheinbar verschwunden, so bleiben doch die Zellen an ihren Kapseln als Knorpelzellen kenntlich. Sonst wäre das Gewebe mit Bindegewebe zu verwechseln.
3. Elastischer Knorpel. Die Grundsubstanz ist besonders biegsam durch in sie eingelagerte elastische Fasern oder Netze; sie federt, wenn der Knorpel gebogen wird, von selbst in die Ruhelage zurück, z. B. die Ohrmuschel.

d) Knochengewebe (Abb. 26, 23). Die Grundsubstanz ist mineralisiert. Fibrillen sind in großen Mengen in sie eingelagert und meistens besonders ausgerichtet. Die Knochenzellen sind stark verästelt. Bei größeren Knochen sind die Fasern in Lamellen geschichtet; die Zellen liegen in dünnen Schichten zwischen den Lamellen; durchbohren aber mit ihren spinnenartigen Ausläufern die Lamellen und hängen so miteinander zusammen. Der Knochen ist reich an Blutgefäßen.

B. Animale Gewebe.

I. Muskelgewebe. Die verschiedenartigen Muskelgewebe haben gemeinsam, daß sie kontraktil sind, d. h. sie können sich aktiv verkürzen. Sie sind reich an Blut- und Lymphgefäßen.

1. Glatte Muskelzellen (Abb. siehe Bd. II, Allgemeines über die Eingeweide). Die einzelnen Zellen sind so in die Länge gestreckt, daß sie Bindegewebsfasern sehr ähnlich sehen können. Da es aber gestreckte Zellen und keine Derivate von Zellen sind, so liegt der Kern im Innern der faserähnlichen Zelle (bei Bindegewebsfasern liegen die Zellen und also auch die Kerne zwischen den Fasern). Das Protoplasma ist kontraktil; die kontraktilen Elemente sind feinste Fibrillen, welche in der Längsrichtung der Zelle verlaufen. Die glatte Muskulatur unterliegt nicht unserem Willen.

2. Quergestreifte Muskelfasern (Abb. 37, 38). Aus vielen Zellen sind während der Entwicklung Fasern entstanden, welche einen kurzen Muskel vom einen bis zum anderen Ende durchziehen können. Sie sind stets um ein Vielfaches größer als die größten glatten Muskelzellen. Im Inneren der Faser liegen dicht zusammengedrängte Fibrillen, die bei starken Vergrößerungen quergestreift aussehen. Danach ist diese Gewebeart benannt. Im polarisierten Licht sind die Querstreifen abwechselnd einfach- und doppeltlichtbrechend (isotrop und anisotrop); es treten dabei noch feinere Unterschiede hervor, auf welche hier nicht eingegangen werden kann. Die Zwischensubstanz zwischen den Fibrillen ist nicht quergestreift, sie heißt Sarkoplasma; die Außenbegrenzung heißt Sarkolemm. Die zahlreichen Kerne liegen dem Sarkolemm an. Bei embryonalen Muskelfasern und bei den Herzmuskelfasern stehen die Kerne zentral. — Die Herzmuskulatur besteht aus netzförmig verbundenen quergestreiften Muskelfasern; im Innern der Fasern existieren besondere Querplatten, die aus ursprünglichen Grenzen zwischen getrennten Zellen hervorgehen. — Der Willenseinfluß auf die quergestreifte Muskulatur ist sehr verschieden. Von vollkommen abhängigen bis zu ganz unabhängigen Fasern (Herz) gibt es alle Übergänge.

II. Nervengewebe (Abb. siehe Bd. II und III, Aufbau der peripheren Nerven und nervösen Zentralorgane). Die Nervenzellen haben Ausläufer, welche über einen Meter lang sein können und die Haut- oder Muskelstelle erreichen, welche der Nervenzelle zugeordnet ist. Man nennt diesen Ausläufer Neurit. Er ist nackt oder hat verschiedene Hüllen; im letzteren Fall liegt er axial und heißt „Achsenzylinder". Das Ganze (Hüllen und Inhalt) heißt „Nervenfaser". Als Hüllen kommen vor: die Markscheide, eine Kette von dickwandigen Röhrchen aus einer fettähnlichen Substanz, in welchen der Achsenzylinder wie das Quecksilber im Thermometerglas liegt; ferner das Neurilemm (SCHWANNsche Scheide) eine Kette von ganz platten Zellen, welche als feinste Häutchen die Nervenfaser umscheiden. Das Neurilemm ist kernhaltig, die Markscheide kernfrei. Markscheiden kommen im Gehirn, Rückenmark und in den peripheren Nerven vor, Neurilemm ausschließlich in den letzteren. Die peripheren Nervenfasern haben entweder eine Markscheide und Neurilemm oder nur letzteres (markhaltige und marklose Nervenfasern). Die Nervenzelle heißt Ganglienzelle. Sie kann außer dem Neuriten noch zahlreiche andere Ausläufer haben, Dendriten. Sie verzweigen sich, wie der Name sagt, er-

reichen andere Ganglienzellen, aber keine Endorgane (Haut, Muskeln). Zur Verbindung der Nervenfasern mit den Muskeln dienen besondere Einrichtungen: motorische Endplatten. Auch die sensiblen Nervenendigungen sind hoch spezialisiert, und zwar in sehr verschiedenartiger Form (siehe z. B. Integument, Bd. 3).

An diese ganz knappe Übersicht über die Zelle und Gewebe wird in den speziellen Abschnitten des Buches angeknüpft und vieles einzelne nachgetragen werden. Im übrigen befrage man wegen vieler wichtiger Details, auf die in diesem Buch nicht eingegangen werden kann, die Lehrbücher der Zellen- und Gewebelehre.

Entwicklung der Primitivorgane, Keimblätter

Die Gewebe setzen die Organe zusammen. Ein Organ, z. B. die Leber, enthält Epithelien, Bindegewebe, und da sie von Blutgefäßen und Nerven versorgt wird, auch glatte Muskelzellen und Nervenfasern. So kann jedes Organ auf seinen histiologischen Aufbau hin betrachtet werden: Organologie. Der „Organismus" ist kein zufällig zusammengesetztes Gebilde, sondern für ihn ist wesentlich, daß er ein aus bestimmten Organen typisch zusammengesetzter Körper ist. Betrachten wir ihn daraufhin, wie er in seiner individuellen Entwicklung die typische Form erhält, so studieren wir seine Embryologie (auch Ontogenese; das vielfach dafür übliche Wort „Ontogenie" ist zu vermeiden, weil es wörtlich: Bildung des Kinnes heißen würde). Die Entwicklung des Einzelwesens geht hervor aus dem befruchteten Ei, einer Einzelzelle, welche durch Vereinigung der männlichen und weiblichen Zeugungszelle entsteht. Das befruchtete Ei teilt sich durch mitotische Kernteilungen in einen Haufen kleinerer Zellen. Man nennt diese Phase der Entwicklung die Eifurchung, weil man bei großen Eiern auf der Eioberfläche die Grenzen der neu entstehenden Zellen als feinste Furchen sieht. Das abgefurchte Ei ordnet seine Furchungszellen zu einer epithelialen Schale, welche einen mit Flüssigkeit gefüllten Hohlraum umgibt: Blastula. Durch Anwesenheit von Dotterkörnchen in den Zellen, welche dem Keim zur Nahrung dienen, kann sowohl die Furchung wie auch die Form der Blastula und ihrer Höhle stark beeinflußt werden. Besonders gilt dies von der folgenden Phase, der Gastrulation. Wir beschränken uns hier auf den einfachsten Fall bei Wirbeltieren, die Gastrula des Amphioxus (S. 10). Sie ist fast ganz dotterfrei. Die eine Halbkugel der Blastula stülpt sich beim Amphioxus in die andere Halbkugel ein wie ein Gummiball, den man so tief wie möglich eindellt. Auf diese Weise entsteht aus einer einwandigen Ganzkugel eine doppelwandige Halbkugel. Das äußere Blatt heißt Ektoderm, das innere Blatt Entoderm. Die Öffnung der Halbkugel, Urmund genannt, verengert sich immer mehr; indem die Gastrula wächst, ergänzt sie sich wieder zur Ganzkugel. Doch bleibt sie doppelwandig; ja es bildet sich zwischen Ekto- und Entoderm ein drittes Blatt, das zwischen beiden eingeschlossen bleibt, das Mesoderm. Die drei „Keimblätter", wie sie fortab heißen, sind die Primitivorgane des Embryo. Aus ihnen gehen die definitiven Organe hervor, indem jeweils in einem bestimmten Keimblatt an bestimmter Stelle die erste Anlage des Organs sichtbar wird; nachträglich können auch Zellen aus anderen Keimblättern beteiligt werden. So wird z. B. an der obersten Kante des Entoderms (dem Urmund gegenüber) sehr früh eine unpaare Abschnürung sichtbar, die Anlage der späteren Chorda (Abb. 5). Gerade gegenüber senkt sich vom Ektoderm eine unpaare Verdickung in die Tiefe, die später der Chorda nahe liegt — dorsal von ihr —: die Anlage des Rückenmarks und Gehirns. Man nennt das Stadium, in welchem diese Anlagen zuerst sichtbar werden: Neurula. Das Mesoderm gliedert sich zu beiden Seiten des Rückenmarkes und der Chorda in hintereinander liegende Kästchen, Ursegmente. Sie umfassen in sich die Anlagen von Muskeln, Bestandteilen der Haut und der Wirbel. Die Ursegmente sind auf den dorsalen Teil des Mesoderms beschränkt.



Die sichtbare Mannigfaltigkeit, welche wir sukzessive bei diesen und vielen anderen vorbereitenden Prozessen bis zur definitiven Bildung der Organe entstehen sehen, ist nicht zu verwechseln mit den inneren Vorgängen, welche wir nur durch genaueste Kontrolle etwa des Werdeganges einer Furchungszelle und ihrer speziellen Abkömmlinge bei dazu geeigneten Objekten erraten oder durch das Experiment zwingen können, sichtbar zu werden. Für die Furchungszellen, welche ganz gleich aussehen können, ja sogar für einzelne Distrikte der Eizelle ist erwiesen, daß sie in sich die Fähigkeit haben, ganz bestimmte Stellen des späteren Keimes zu bilden. Das ist ihr wirkliches Schicksal, prospektive Bedeutung. Außerdem aber hat jedes dieser Teile die Fähigkeit, bei Störungen des normalen Entwicklungsgeschehens Dinge zu bilden, die es sonst nicht gebildet hätte: mögliches Schicksal, prospektive Potenz (S. 11). Geringe Störungen werden ausgeglichen, größere unter Umständen nicht. Dann entsteht ein pathologischer Organismus, falls der Keim noch lebensfähig ist. Die prospektive Potenz der einzelnen Zellen bei den verschiedenen Organismen ist verschieden.

Wir werden die Organbeschreibung in den speziellen Kapiteln bei den einzelnen Keimblättern beginnen. Jedes Keimblatt (Derma) ist ein Blastem, d. h. eine Anhäufung von Bildungszellen. Wir bezeichnen danach die Einzelzellen der Keimblätter als: Ekto-, Meso- und Entoblasten, die Keimblätter selbst als Ekto-, Meso- und Entoderm (S. 10). Für viele Details, insbesondere für die Gastrulation der Säugetiere und des Menschen verweise ich auf die Lehrbücher der Embryologie (siehe auch Bd. II, Eihüllen bei weiblichen Geschlechtsorganen).

Bewegungsapparate.

A. Allgemeines.

I. Bestimmung und Umgrenzung des Begriffs: Bewegungsapparate.

Die Bewegungen, welche unserem Körper möglich sind, gehören nur zum Teil, allerdings zum weitaus überwiegenden Teil hierher. Bewegungen des Herzens beim Herzschlag, der Gefäße beim Puls, der Eingeweide bei der Peristaltik u. a. m. rechnen wir nicht dazu. Es fehlt ihnen das Element, welches bei den eigentlichen Bewegungsapparaten bewegt wird: das knöcherne Skelett. Auch ist die Muskulatur kein „Fleisch" des gewöhnlichen Sprachgebrauches. Man könnte versucht sein, als bestimmende Merkmale das passive Element des Systems, die Knochen, und die gewebliche Beschaffenheit der aktiven Elemente, die Querstreifung der Muskelfasern, aufzustellen. Doch gibt es Ausnahmen. Quergestreifte Muskeln, welche die Zunge oder den Augapfel bewegen, welche den Darm- oder Blasenverschluß unterstützen, zählen wie das Herz trotz ihrer Querstreifung nicht zu den Bewegungsapparaten, die wir hier behandeln, selbst dann nicht, wenn in den genannten Organen Skelettteile als Stützen gelegen sind (es gibt bei manchen Tieren Knochen in der Zunge, im Penis, Augapfel etc.). Das Prinzip, unter welchem wir die hier zu behandelnden Apparate zusammenfassen, liegt viel tiefer als diese beiden mehr äußerlichen, für eine schnelle Orientierung gewiß oft brauchbaren Merkmale. Es ist in dem ursprünglichen Bauplan des Körpers begründet, welcher in der Entwicklung unverändert erkennbar ist.

Die Lokomotion, die Bewegung des Körpers im Raume und alles, was damit zusammenhängt, hat sich eines ganz bestimmten Körperbezirkes bedient. aus welchem das Material für den Aufbau ihrer Organe geschöpft wurde. Diese Stelle ist relativ eng begrenzt und steht dadurch in schroffem Gegensatz zu der allseitigen Verbreitung der Bewegungsapparate im fertigen Körper. Da die Entwicklung eines jeden Organismus — im wesentlichen auch unsere eigene Entwicklung — immer auf diese Quelle als dem eigentlichen Schöpfungszentrum aller Materialien für die Bewegungsapparate zurückgreift, so entnehmen wir aus dem allmählichen Ausbreitungsprozeß des Materiales und seiner Formung die natürliche Ordnung in dem scheinbaren Chaos fertiger Zustände und begreifen daraus die Gründe der Umordnung. Im vorigen Kapitel wurde erwähnt, daß das mittlere Keimblatt einen gegliederten dorsalen Teil bildet, die Ursegmente. Diese haben wir hier genauer zu analysieren; denn bestimmte Teile von ihnen sind die Matrix, von der wir auszugehen haben.

Ich will allerdings vorweg betonen, daß nicht alle Bewegungsapparate, die wir hier behandeln werden, aus dieser Matrix der Ursegmente entstammen. Es gibt nur eine Ausnahme: die Muskulatur des Kopfes. Aber deren Zugehörigkeit zu den

Bewegungsapparaten ist nur aus den Beziehungen verständlich, welche sie zu jenem eigentlichsten und historisch ältesten Bildungsmaterial nachträglich gewinnt. Es wird erst später — beim Kopf — auf diese Ausnahme näher einzugehen und ihre Beziehung zum genetischen System zu begründen sein.

1. Die metamere Matrix des Baumateriales.

Zu beiden Seiten der Chorda erheben sich vom ungegliederten ventralen Mesoderm („Seitenplatten" der höheren Tiere), die Ursegmente wie die Zinken eines Kammes (Abb. 5). Ein Ursegment ist auf der vorderen Querschnittsfläche des Schemas so angeschnitten, daß zu sehen ist, wie sich die ursprüngliche Cölomhöhle (Leibeshöhle) des Mesoderms in das Ursegment (als dessen Myocöl) fortsetzt. Die quergestreiften Muskelfasern kommen in

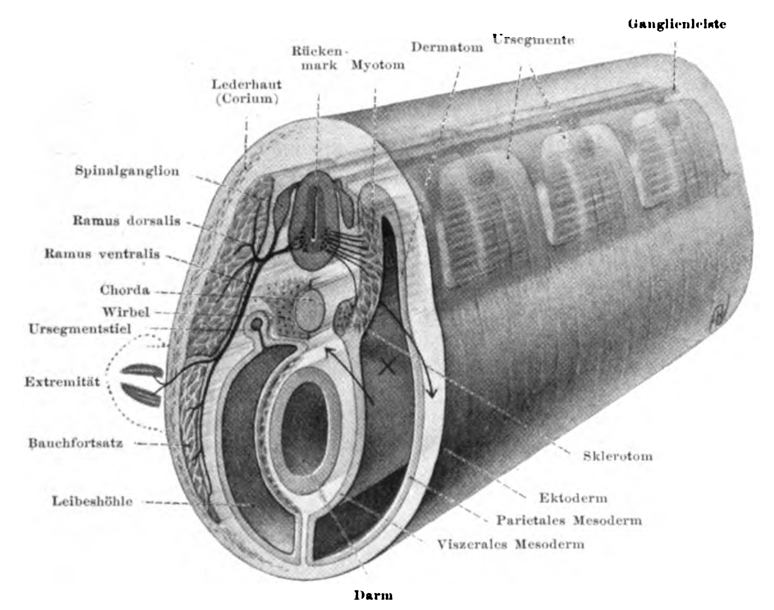


Abb. 5. Stück aus dem Rumpf eines primitiven Wirbeltierembryo (schematisch). Das Bild vereinigt zwei zeitlich ganz getrennte Entwicklungsstufen in einem Körper. Rechts vom Beschauer ist im Querschnitt und in seitlicher Aufsicht ein jüngeres Stadium dargestellt als links. In Wirklichkeit sind immer beide Hälften gleich weit fortgeschritten. Das Ektoderm ist durchsichtig gedacht. — Die Haie (Selachier) entsprechen diesem Schema. — Über die Pfeile und das × siehe S. 29, 30.

der Lamelle innen vom Myocöl zur Entwicklung. Wir nennen die verdickte Lamelle Myotom oder Muskelplatte.

Myotom

Bei niederen Wirbeltieren geht das Myotom unverkennbar aus der medialen Wand des Ursegmentes hervor (Abb. 5); ist diese im Anfang der Entwicklung bei höheren Tieren bereits so gelockert, daß sie die Höhlung des Ursegmentes ausfüllt und als „Kern" des Segmentes auftritt, so kann die Lage zum Myocöl und dadurch die Abgrenzung gegen die laterale Wand des Myotoms zweifelhaft sein. Sicher wird in allen Fällen von der lateralen Lamelle das Bindegewebe für die Haut, das Korium, geliefert; deshalb der Name Dermatom oder Hautplatte. Man bezeichnet die Ursegmente auch als „Hautmuskelplatten", um diese doppelte Tätigkeit zu kennzeichnen, die wahrscheinlich in allen Fällen die beiden Wände getrennt entwickeln. Doch ist damit die Gesamttätigkeit des Myotoms nicht erschöpft und deshalb die Bezeichnung nur nach dem Satz „pars pro toto" zu verstehen.

Noch mehr ist dies der Fall bei dem älteren Terminus „Urwirbel", der anfänglich für die Ursegmente gewählt wurde, weil man sie der offensichtlichen Gliederung wegen insgesamt für die Anlagen der Wirbelsäule hielt. Dies ist, abgesehen

von anderen Unstimmigkeiten, unrichtig, wie genauere Feststellungen lehrten, aber die Bezeichnung ist wenigstens für einen Teil der Ursegmente zutreffend (siehe auch S. 29).

Ein Teil des Ursegmentes liefert das Wirbelmaterial; er ist allerdings sehr klein und nur bei primitiven Wirbeltieren deutlich. Er liegt ventral vom Myotom und gehört wie dieses zur medialen Lamelle; es ist das Sklerotom (Abb. 5). Sklerotom und Dermatom lösen sich schon früh auf, denn das Zellmaterial, das von ihnen gebildet wird, schwärmt aus (Wirbelkörper, Corium). Wenn Getreidesäcke, die nebeneinander stehen, ausrinnen, so wird nur anfänglich erkennbar sein, welches Häuflein von jedem Sack stammt. Sobald die einzelnen Getreideportionen sich erreichen und zu einem Haufen vermischen, verschwindet das Merkmal einer getrennten Entstehung. Genau so in unserem Fall. Das dürfte bei den Elementen des embryonalen Organismus immer so sein, wenn sie trotz verschiedener Herkunft einander so ähnlich sind oder bei unseren jetzigen Beobachtungsmitteln so ähnlich scheinen, daß wir sie als solche nicht zu unterscheiden vermögen. An den Zellen der Dermatome ist der Prozeß selbst bei den höchsten Tieren noch in seinen Anfangsphasen erkennbar. Bei den Elementen der Sklerotome sind die sonst getrennten Anlagen bei höheren Tieren oft bereits von vornherein zusammengeflossen und die Grenzen verwischt. Es gibt in solchen Fällen, z. B. in der Entwicklung des Menschen, noch ein Mittel, die ursprünglichen Trennungen zu ermitteln. Gefäßäste, welche zwischen den Ursegmenten liegen (Arteriae intersegmentales, Abb. 6), bleiben bestehen und entsprechen den relativen Aufhellungen des Skelettgewebes zwischen den Grenzen der Myotome. Trotzdem hier das Skelettgewebe von vornherein einheitlich auftritt, gibt es solcher Indizien genug, um seine ursprünglich metamere Zusammensetzung noch zu erkennen.

Sklerotom

Chorda und Muskelsegmente (Ursegm.) als primitiver Bewegungsapparat

Myotom und Sklerotom sind die speziellen Primitivorgane des Embryo für den eigentlichen Bewegungsapparat. Der Apparat entstammt also einem ganz bestimmten Abschnitt des dorsalen Mesoderm. Die nahe Nachbarschaft zur Chorda dorsalis, dem frühesten Stützstab des Körpers, dürfte die Ursache sein, daß dieser Abschnitt das Materialdepot für den Aufbau der höheren Bewegungsorgane wurde. Beim Embryo sind solche Materialanhäufungen nur Vorbereitungen für eine biologische Beziehung der Materialien zueinander, die erst dann in die Erscheinung zu treten braucht, wenn wirklich aus dem Myotom quergestreifte Muskelfasern und aus dem Sklerotom Skelettsubstanzen (Knorpel, Knochen) hervorgehen. Denn Muskelbildungs- und Skelettbildungszellen haben zwar die bestimmte Anwartschaft auf eine Funktion, sind aber nicht notwendig aufeinander angewiesen, solange diese Funktion nicht manifest ist. Dies ist bei der Entstehung der Wirbel besonders deutlich. Die Muskelfasern liegen in den Myotomen parallel der Chorda und haben durch ihre Kontraktion die Möglichkeit, diesen Stützstab nach der Körperseite, welcher sie angehören, durchzubiegen. Sukzessiver Ablauf solcher Kontraktionen von vorderen Myotomen zu hinteren, bei welchem unter dem Einfluß zentraler Nervenregulationen die Myotome der einen Körperseite alternierend mit denen der anderen Seite sich spannen und entspannen, äußert sich in schlängelnden Bewegungen des Körpers. Dies ist die primitivste Funktion eines Bewegungsapparates, der für die eigentliche Bewegung selbst nur Chorda und Muskelsegmente benötigt. Die Chordatiere (Amphioxus und gewisse Tunikatenlarven) kommen damit noch heute aus; anfänglich bewegen sich alle Wirbeltierembryonen so im Salz- oder Süßwasser der freien Natur oder in dem künstlichen kleinen Aquarium, das ihnen innerhalb der Eihüllen in der Eischale oder im Mutterleibe stets zur Verfügung bleibt (Amnionwasser, Bd. II siehe weibl. Geschlechtsorgane, Eihüllen).

Notwendigkeit des Alternierens von Wirbelanlagen und Sklerotomen

Sowie sich Verdichtungen um die Chorda in Form getrennter Zentren (Wirbel) aus dem Material der Sklerotome abzuscheiden beginnen, kann unmöglich je ein Verdichtungskern einem Myotompaar entsprechen. Die Sklerotome haben zwar diese Lage (Abb. 6), sie liegen zwischen den Angriffspunkten der Muskelfasern, d. h. mechanisch betrachtet in einer neutralen Zone. Faßt die Muskelfaser mit ihren Enden an den Intersegmentalgrenzen festen Fuß, so würde die Verhärtung des zwischen diesen Befestigungspunkten liegenden, in der Abbildung durch einen dunklen Ton wiedergegebenen Gewebes zu einem Knorpel- oder Knochenkern jede Aktion der Muskelfasern aufheben, wie die Verkalkung und Versteinerung von Gelenken bei gewissen Krankheiten die an sich gut entwickelten Muskeln der betroffenen Menschen bewegungsunfähig macht und vernichtet. Eine Verstärkung des Systems, das anfänglich nur aus Chorda und Myotomen besteht, kann also auf Seiten der passiven Komponente (Chorda) nur durch alternierende Stellung von Verdichtungszentren zu den beiderseitigen Muskelkästchen zustande kommen.

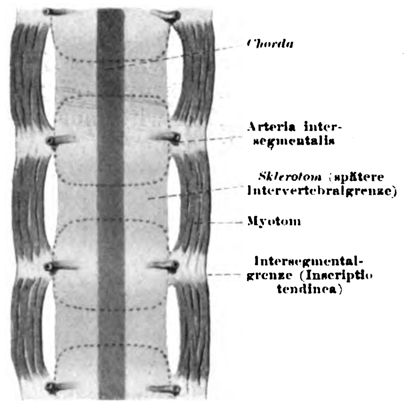


Abb. 6. Horizontalschnitt durch einen menschlichen Embryo von 0,7 mm Länge (schematisch). Man denke sich durch Abb. 5 im Niveau der Chorda einen Horizontalschnitt gelegt. Die Sklerotome (in Abb. 5 grün) sind durch einen dunklen Ton wiedergegeben. In den helleren Zwischenräumen zwischen je 2 Sklerotomen liegen die Arteriae intersegmentales.

Es ist eine mechanische Naturnotwendigkeit, daß die definitiven Verdichtungszentren (punktierte Zonen der Abb. 6) von vornherein dort entstehen, wo die Intersegmentalgrenzen liegen, so daß hüben und drüben je ein vorderes und ein hinteres Myotom an ihnen einen festen Halt findet. Die definitive Verdichtungszone heißt Wirbel. Jedes Myotom befestigt sich am Wirbel entweder direkt mit seinen Muskelenden oder indirekt mit eingeschalteten Sehnen (Inscriptiones tendineae). Die Beweglichkeit der Wirbel gegeneinander wird am stärksten gegenüber der Mitte der Muskelfasern beansprucht. Je fester die Verdichtung der Wirbelzentren wird, um so weicher muß hier das Gewebe bleiben, damit die Muskelfasern ihre volle Kraft ausnutzen. An diesen Intervertebralgrenzen finden wir Zwischenwirbelscheiben (Abb. 7), welche zeitlebens die einzelnen Wirbel zu einem beweglichen System, der Wirbelsäule, verbinden. Die Chorda dient anfänglich zur Hemmung übermäßiger Ausschläge des gegliederten Systemes und führt es automatisch aus den Bewegungsstellungen wieder in die Ruhelage zurück. Doch erhält sich bei den fertigen Zuständen von ihr nur ein Rest in dem Nucleus pulposus der Zwischenwirbelscheibe. Innerhalb des Wirbelkörpers tritt Knochen an ihre Stelle (Ossifikation). Funktionell ersetzen andere Apparate die Chorda in vollkommener Weise (Bänder, Gelenkfortsätze, Muskeln).

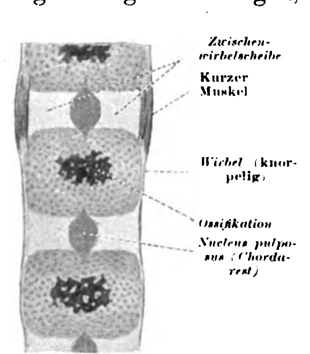


Abb. 7. Horizontalschnitt durch einen menschlichen Embryo vom Ende der 8. Woche (schematisch). Die in Abb. 6 punktiert eingezeichneten Wirbelkörper sind im Detail dargestellt. Die „kurzen Muskeln" entsprechen den definitiven kurzen Rückenmuskeln.

Bedeutung der Ursegmente

Wir entnehmen aus dem geschilderten Entwicklungsgang, daß die Wirbelsäule, das hervorstechendste Merkmal der „Wirbel"tiere, von der Metamerie der primitiven Muskulatur (Myotome) induziert wird. Die Muskelmetameren

haben nicht nur für das Skelett, sondern für viele andere Organisationseinrichtungen des Körpers eine ähnliche Bedeutung. Sie werden zwar bei fortschreitender Entwicklung geopfert, indem höher geartete Muskelindividuen aus ihnen hervorgehen, deren Entwicklungsgang wir in den Grundzügen bei den einzelnen Regionen des Körpers kennen lernen werden. Aber entscheidend ist, daß die Myotome alle Frühstadien der Entwicklung beherrschen und den jungen Wirbeltierkeim in allen seinen Repräsentanten geradezu charakterisieren (Abb. 8).

Von „Urwirbeln" anstatt Ursegmenten zu sprechen, ist also inkorrekt, wenn man damit die Vorstellung verbindet, daß hier äußerlich wirkliche Anfangsstadien von Wirbeln zu sehen seien. Es wird nur ein Teil des Materiales eines jeden Segmentes benutzt (Abb. 5), und zwar wird je die Hälfte zweier Nachbarsklerotome zum Aufbau **eines** Wirbels vereinigt (Abb. 6). Deshalb ist „Ursegment" die weit klarere Bezeichnung. Im Ursegment liegt nicht nur das ursprüngliche Material, sondern auch die ursächliche Bedingung für die Position des Wirbels. So ist das Wort „Urwirbel" zwar seiner historischen Bedeutung längst entkleidet, aber doch nicht sinnlos für den Kenner.

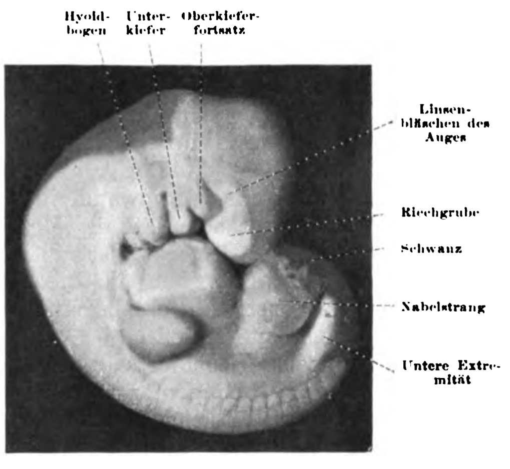


Abb. 8. Menschlicher Embryo mit deutlichen Ursegmenten in der Rückengegend (Anfang des 2. Schwangerschaftsmonats), 7 mal vergr.

Man hat von einer „Umgliederung" der Wirbelsäule gesprochen. Dies würde voraussetzen, daß die Wirbelsäule einst anders gegliedert war als jetzt, eine, wie wir sahen, nach Maßgabe der Muskelverteilung mechanische Unmöglichkeit. Die anfängliche Gliederung der Sklerotome hat deshalb mit der Wirbelsäule nichts zu tun. Die Sklerotome müssen als Materialdepots im dorsalen Mesoderm segmental auftreten, da dieses im ganzen segmentiert ist. Je früher sich Sklerotomzellen differenzieren, ausschwärmen und ein einheitliches Blastem um die Chorda bilden, um so eher können die neuen Verdichtungen und Versteifungen des Materiales entstehen, welche allein die eigentlichen Wirbel bilden. Je höher also die Organisation des Wirbels gediehen ist, um so früher setzt in der Entwicklung die Auflösung der Sklerotome ein und um so eher werden die Anfangsstadien der Bildungsprozesse überwunden, um rechtzeitig den Wirbel zu vollenden. Das ist der Grund für die Undeutlichkeit der Sklerotome bei den Embryonen höherer Tiere, welche oben erwähnt wurde (S. 27).

Da die Wirbel infolge der geschilderten indirekten Beziehungen den primären Metameren an Zahl und Reihenfolge gleich sein müssen, wenn sie auch nicht mit ihnen identisch sind, so spricht man doch kurzweg von einer Metamerie der Wirbelsäule und von metameren Wirbeln.

2. Die Umwandlung der primitiven Bewegungsorgane in die definitiven.

Ein orientierender Überblick über die weitere Verteilung der Bewegungsapparate über den ganzen Körper ist geeignet die Wege kennen zu lernen, welche von den geschilderten Primitivorganen zu den definitiven Zuständen führen, und die Besprechung der Einzelerscheinungen des Definitivzustandes einzuleiten. Nachdem das Dermatom und Sklerotom aufgelöst sind, bleibt vom dorsalen Mesoderm nur das Myotom als geschlossene, inzwischen verstärkte Gewebsplatte zurück (Abb. 5, links vom Beschauer). Außer ihm ist allerdings noch der „Ursegmentstiel" übrig, nämlich die Stelle, an welchem sich die Passage zwischen Leibeshöhle (Splanchnocöl) und Myocöl so verengte (×, rechts), daß nur je ein feiner Kanal aus dem gemeinsamen Splanchnocöl in jedes Ur-

segment führt. Die Ursegmentstiele, welche nur kurze Zeit die Ursegmente mit dem übrigen Mesoderm verbinden, sind wichtige Anlagen des Nierenapparates und werden bei diesem behandelt. Sie schließen sich gegen das Myotom zu einem blind endigenden Gang ab, wenn das Myocöl durch den Wegfall seiner äußeren Begrenzung verschwindet. Ist durch diese Umbildungsprozesse der Zusammenhang zwischen ventralem und dorsalem Mesoderm einmal gelöst, so wird der Weg für das Myotom nach der Bauchregion zu frei. Mit einem Fortsatz, dem Bauchfortsatz, wächst das Myotom in der Richtung des schräg ventral schauenden Pfeiles, während das Splanchnocöl den Weg frei gibt; das Splanchnocöl biegt nämlich mit den Ursegmentstielen medianwärts um und rückt unter die Chorda (entsprechend dem schräg dorsal gerichteten Pfeil in Abb. 5). Die Leibeshöhle schmiegt sich dabei dem Darm an und umgibt ihn, wenn die beiden Splanchnocöle ventral vereinigt sind, als einheitlicher Hohlraum (Abb. 9). Von den Wandungen der Leibeshöhle (Abb. 5) liefert das parietale Blatt das Korium der Haut, geradeso wie das Dermatom im dorsalen Mesoderm Korium bildet; ersteres geschieht, ehe sich der ventrale Myotomfortsatz (Bauchfortsatz) zwischen das Ektoderm und das parietale Blatt schiebt. Das viszerale Blatt des ventralen Mesoderm ist die Matrix für die Schichten der Darmwand, unter welchen das Epithel nur eine relativ dünne Lage einnimmt. Nur das Epithel mit seinen Derivaten geht aus dem Entoderm hervor. Alle übrigen Bestandteile der Darmwand, insbesondere die glatte Muskulatur (blau) entstammt dem viszeralen Blatt des Mesoderm. Hier sehen wir deutlich, daß die Bewegungen des Darmes (Peristaltik) von Elementen bedingt sind, die topisch ganz anders entstehen als die Elemente der Bewegungsapparate und also gegen diese genetisch wohl begrenzt werden können, ganz abgesehen von den geweblichen Unterschieden.

Ventrale Skeletteile und Muskeln

Dem ventralen Bauchfortsatz des Myotoms entsprechen rechts und links Fortsätze der Wirbel, Rippenfortsätze. Die Rippen wachsen in die Bauchwand hinein (Abb. 9) und erreichen einander in der ventralen Mittellinie, wo sie zu einem Längsstab, der Sternalleiste, verschmelzen. Die rechte und linke Sternalleiste vereinigen sich zum unpaaren Sternum, Brustbein. Der Bauchfortsatz eines jeden Myotoms liegt zwischen zwei Rippen und bildet die Zwischenrippenmuskeln. Sie greifen mit ihren Ansätzen etwas auf jede der Nachbarrippen über. Die Rippen liegen in den Inscriptiones tendineae der Ursegmente (Abb. 6). Dabei zerfällt das Muskelmaterial in eine äußere und eine innere Lamelle (Musc. intercostalis externus und internus, Abb. 9). Auch eine dritte Schicht spaltet sich nächst dem Sternum ab (Musc. transversus thoracis). Unsere schematische Zeichnung des Körperquerschnittes vereinigt zwei Seiten, die in Wirklichkeit nie nebeneinander gefunden werden können; die eine Seite entspricht der Brustregion, die andere der Bauchregion. In letzterer sind die Rippen zurückgebildet. Drei Muskelschichten, die aus den ventralen Muskelfortsätzen entstanden sind, die sogenannten schrägen Bauchmuskeln (Obl. ext., Obl. int. und Transv. abdominis), sind hier besondere Differenzierungen. Nur das Stück neben der Bauchmittellinie, also das äußerste Ende des Bauchfortsatzes, bleibt einheitlich. Es ist der „gerade Bauchmuskel" Rectus abdominis, der auch im ausgebildeten Zustand noch Inscriptiones tendineae besitzt als Reste der Zusammensetzung aus den Bauchfortsätzen von mehreren Muskelsegmenten.

Dorsale Skeletteile und Muskeln

Verhalten sich so Bauch- und Brustwand verschieden, so ist anfänglich die aus dem ursprünglichen Myotom resultierende Rückenmuskulatur durch den ganzen Rumpf hindurch einheitlich differenziert. Eine durchlaufende laterale und mediale Muskelgruppe entstehen hier und bilden die Grundlage für weitere Umgestaltungen. Der Wirbel sendet auch dorsalwärts Fortsätze aus, die



Neuralbogen. Diese umwachsen das Rückenmark, bilden ein gegliedertes stützendes Rohr für das weiche, empfindliche Organ und vereinigen sich zu einem unpaaren Dornfortsatz (Processus spinosus, Abb. 9), welcher die Ansatzfläche für benachbarte Muskeln hebelartig vergrößert. Ein ähnlicher Fortsatz des Neuralbogens, der zugleich die Befestigung der Rippen verstärkt, ist der Querfortsatz (Processus transversus). Da beide Wirbelfortsätze, zwischen welche die Rückenmuskulatur eingekeilt ist, durch eine feste fibröse Haut verbunden sind, Fascia lumbodorsalis, so besteht beiderseits der Wirbel ein von dieser Haut und dem Skelett gebildeter Kanal. Osteofibröse Kanäle wie diese bilden eine Art Führung für die Bewegungen der in ihnen eingeschlossenen

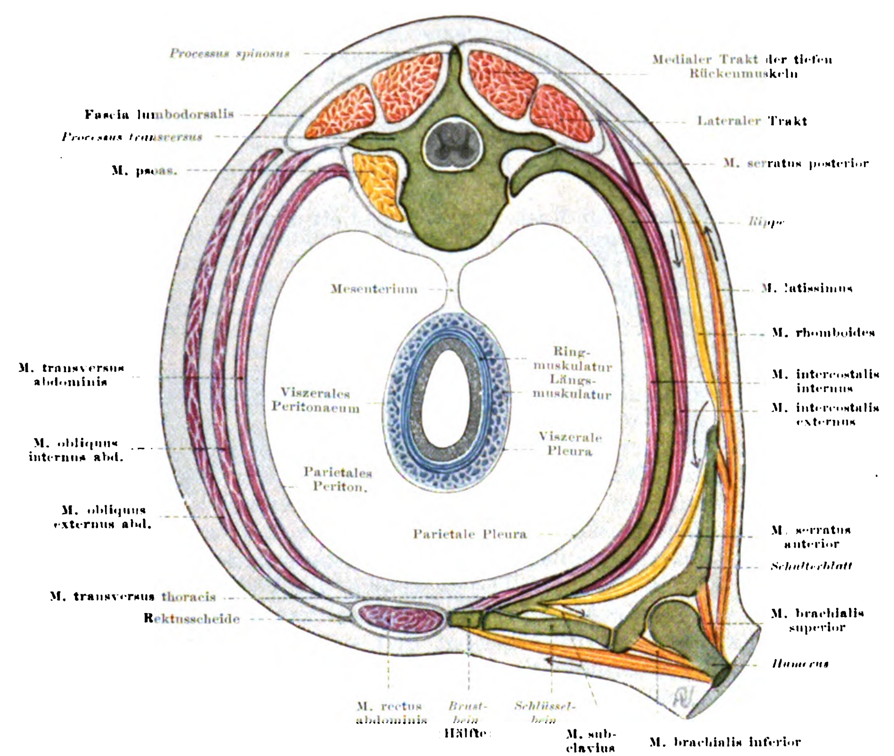


Abb. 9. Querschnitt durch den fertigen Körper. Schema für die Verteilung der Muskeln. Links vom Beschauer Bauch, rechts Brust. Die schematischen Farben der Abb. 5 kehren in dieser Abbildung wieder. (Die dem Psoas zugewendeten Enden des Transversus abdom. und Obliquus abdom. int. werden zum Quadratus lumborum des definitiven Zustandes; die Rippenreste in der Bauchregion sind weggelassen; der unterste, am Sternum und Humerus befestigte Muskel entspricht dem Pectoralis major.)

Muskeln. Die Wandungen dieser Röhren werden in der Folge Angriffspunkte für Muskeln, welche ihre Ansatzfläche vergrößern. Am deutlichsten ist dies bei gewissen ventralen Muskeln (Serrati posteriores), welche so weit dorsalwärts gelangen, daß sie sich partiell auf die dorsale Muskulatur legen und durch Vermittlung von deren fibröser Scheide Befestigungen an den Dornfortsätzen gewinnen. Während der Bauchfortsatz des Myotoms ventralwärts wuchs, wird hier die Bewegung eines Teiles seines Materiales rückläufig und steigt dorsalwärts, über den ursprünglichen Ausgangspunkt hinaus. Wir nennen die von Anfang an dorsal liegenden Muskeln autochthone Rückenmuskeln (gelbrot) gegenüber den Eindringlingen in den Rücken, von denen die genannten nur einen kleinen Teil vorstellen (karmin). Andere werden wir noch zu erwähnen haben.

Das wichtigste Orientierungsmittel beim fertigen Organismus für die Zugehörigkeit bestimmter Muskelteile zu der einen oder anderen Gruppe sind die Nerven. Der Spinalnerv verläßt die Anlage des Rückenmarks mit zwei Wurzeln, einer dorsalen, welche wir hier vernachlässigen können, und einer ventralen, die mit zahlreichen Fäserchen zu den quergestreiften Muskelfasern des Myotoms verläuft (Abb. 5, rechts). Jedes Myotom hat seine eigene Innervation aus je einem Spinalnerv. Auch nachdem die dorsale und ventrale Wurzel zu einem einheitlichen Spinalnerv zusammengewachsen sind (Abb. 5, links), setzen sich die Nerven, welche zu den Abkömmlingen des Myotoms gehen, entsprechend den Fäserchen der ventralen Wurzel nur aus Ausläufern der Zellen im ventralen Rückenmarksabschnitt zusammen und sind daran zeitlebens erkennbar. Die Ausbreitung eines jeden Spinalnervs richtet sich in der Folge nach den beiden großen Abschnitten des Myotoms: ein dorsaler Ast versorgt den ursprünglichen Teil, die spätere autochthone Rückenmuskulatur (gelbrot); ein ventraler Ast (in der Brustregion Interkostalnerv genannt) geht mit dem Bauchfortsatz und innerviert alle Abkömmlinge von diesem (karmin). So sind auch die oben besprochenen Eindringlinge in fremde Regionen (Abb. 9) von den ihrer Abstammung nach ihnen zukommenden Nervenästen versorgt, also dorsale Muskeln, soweit sie ursprünglich ventral lagen, von ventralen Nervenästen. Der Nerv ist das Orientierungsmittel in dem Gewirr verschieden gebürtiger Muskeln; denn jeder Muskel behält trotz aller Verlagerung den ihm ursprünglich zugehörigen Nerv wie einen Ariadnefaden, der den zurückgelegten Weg bezeichnet.

Die Verschiebungen der Muskelblasteme sind oft in der Entwicklung unmittelbar zu sehen oder durch experimentelle Eingriffe mittelbar zu erkennen. Wird den mikroskopisch unsichtbaren Blastemverschiebungen der Weg durch einen künstlichen Eingriff abgeschnitten, so ist jenseits der zerstörten Straße kein Muskelwachstum mehr möglich, diesseits dagegen wohl. Aus den Folgen derartiger Eingriffe bei Embryonen läßt sich gleichsam ultramikroskopisch bestimmen, ob tatsächlich Verschiebungen im normalen Geschehen stattfinden und welche Richtung sie nehmen. Diese Methode ist besonders bei den gleich zu besprechenden Extremitätenmuskeln angewendet worden. In vielen Einzelheiten ist die Verschiebung zur Zeit nur aus dem Nervenverlauf zu erschließen.

Extremitäten: autochthone Muskeln

Ich habe bisher eine Abspaltung der Myotome beiseite gelassen, welche in dem sehr übersichtlichen Entwicklungsverlauf niederer Wirbeltiere deutlich vom ventralen Myotomteil ausgeht. Bei Haien schnüren sich hier große Knospen ab, die DOHRNschen Muskelknospen, welche in die Extremitäten einwachsen und sich dort in eine dorsale und ventrale Tochterknospe teilen (Abb. 5, Extremität). Auch bei den höheren Tieren werden die Vorder- und Hinterbeine vom Material der Myotome versorgt, welches sich irgendwie von ihnen ablöst und in die Extremitätenhöcker gelangt und später mit dem Wachstum der Extremitäten selbst außerordentlich zunimmt. Die Abschnürung ist allerdings nur in seltenen Fällen so deutlich wie bei Haien; denn statt der Knospen sondern sich einzelne Zellen ab; deren Ausschwärmen ist nicht immer mikroskopisch nachweisbar und auch mit experimentellen Mitteln bisher nicht erwiesen. Die Innervation geschieht bei allen Tieren durch Zweige des ventralen Astes von Spinalnerven (Abb. 5). Deshalb ist die Zugehörigkeit der Extremitätenmuskeln zur ventralen Körperwand sicher, in welcher Arme und Beine auch äußerlich entstehen (Abb. 8). Dieses Muskelmaterial bezeichnen wir als das autochthone Muskelblastem der Gliedmaßen. Die Tochterknospen liefern dorsale und ventrale Muskulatur, die als Heber und Senker der zunächst lappenförmigen Extremitäten funktionieren. Es ist die dorsale autochthone Gliedmaßengruppe scharf zu unterscheiden von der dorsalen Körpermuskulatur. Erstere ist nur in bezug auf die Eigenmuskulatur der Gliedmaßen dorsal, aber in bezug auf die Genese aus Myotomen des Stammes wie die gesamte übrige Extremitätenmuskulatur rein ventraler Abkunft (karmin, Abb. 5). Mit der dorsalen Körpermuskulatur (gelbrot) hat die genannte Gliedmaßengruppe gar nichts zu tun. „Dorsal“ heißt sie nur wegen ihrer Topographie in der Gliedmaße selbst, nicht wegen ihrer ursprünglichen Topographie im Körper und wegen ihrer Genese.

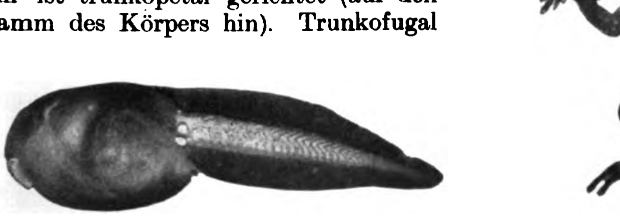


Ich will hier auf die strittige Entstehung des Extremitätenskeletts noch nicht eingehen; soviel mag an dieser Stelle genügen, daß das Skelett eine Basis bildet, die in der Rumpfwand liegt, den Extremitätengürtel. Bei der vorderen Extremität des Menschen besteht dieser aus Schlüsselbein und Schulterblatt (Abb. 9). Die autochthonen Extremitätenmuskeln benutzen diese Basis als Stützpunkt bei ihrer Aktion und bewegen die freie Extremität selbst mittels in ihr liegender Skelettstäbe wie mit Hebelarmen; letztere bilden das Skelett der freien Gliedmaße. Im Arm liegt dem Schultergürtel zunächst der Humerus. Dorsal und ventral von ihm finden sich autochthone Armmuskeln noch ganz so wie in den primitivsten Zuständen, M. brachialis sup. und M. brachialis inf. (Abb. 9). Aber sie sind nicht die einzigen Extremitätenmuskeln geblieben.

Trunkopetale und trunkofugale Verschiebungen

Es gibt zweierlei Prozesse, welche eine große Komplikation zugunsten erhöhter Leistungen hervorriefen. Sie verlaufen einander entgegengesetzt. Autochthone Armmuskeln (orange) verschieben sich längs dem Gliedmaßengürtel und erreichen schließlich die Rumpfwand, an welcher sie ventral bis zur Bauchmittellinie gelangen (Pectoralis major), oder dorsal zum Rücken, wo sie durch Vermittelung der fibrösen Decke der autochthonen Rückenmuskeln schließlich zu den Dornfortsätzen Beziehungen gewinnen (Latissimus). Dieses Wachstum ist trunkopetal gerichtet (auf den Stamm des Körpers hin). Trunkofugal





a b

Abb. 10. Extremitätentransplantation bei der Unke (Amphibien). a) Eine knospenförmige Anlage der vorderen Extremität ist oberhalb der normalen Knospe der hinteren Extremität frisch eingepflanzt (an der Schwanzwurzel, oberhalb des Afters). Gesamtlänge der Larve 13 mm. b) Eine unterhalb des Auges eingepflanzte Knospe ist zu einem Arm herangewachsen (pentapode Unke während der Metamorphose).

dagegen wachsen Abkömmlinge der ventralen Rumpfmuskulatur, die sich dem Gliedmaßengürtel anheften und auch wieder dorsal und ventral zu diesem liegen (hellgelb, Abb. 9). Wir nennen sie thorakale Muskeln. Auch sie schieben sich über die autochthone dorsale Muskulatur zwischen die unmittelbaren Abkömmlinge der Bauchfortsätze und die brachialen Muskeln (zwischen karmin und orange). Ja, um die Komplikation voll zu machen, unter ihnen gibt es auch solche Elemente, welche nachträglich ventralwärts verschoben sind, obgleich sie zu den dorsalen thorakalen Muskeln gehören (man denke sich Material vom Rhomboides, ventralwärts umgeklappt nach Art des gebogenen Pfeiles in Abb. 9). Ventral von der Wirbelsäule (subvertebral) nisten sich in den einzelnen Körperregionen Muskeln verschiedenster Herkunft ein, z. B. in der Bauchregion Abspaltungen der ventralen Muskeln (Quadratus, siehe Erklärung zu Abb. 9) und Extremitätenmuskeln (Psoas).

Bei den Extremitätenmuskeln ist die embryonale Transplantation besonders geeignet von den Verschiebungen des Materiales Zeugnis zu geben. Verpflanzt man die Anlage von Vorderbeinen einer Amphibienlarve auf andere Körperstellen, ehe Muskeln sich differenziert haben (Abb. 10), so entstehen aus dem Transplantat Gliedmaßen mit ausschließlich brachialen Muskeln. Sie wachsen trunkopetal in die neue Umgebung der Gliedmaße hinein. An der Entnahmestelle dagegen entwickeln sich ausschließlich trunkofugale Muskeln, da deren Matrix, die ventrale

Rumpfmuskulatur, bei dem operativen Eingriff unverändert ist. So lassen sich beide Arten von Muskeln, die bei diesen Tieren im gewöhnlichen Gang der Entwicklung nicht zu unterscheiden sind, auseinander wirren.

Außer gewissen Muskeln des Kopfes und Halses, welche später gemeinsam mit den Skeletteilen jener Regionen besprochen werden sollen, sind also die über den ganzen Körper verbreiteten Bewegungsapparate von den metameren Primitivorganen (Myotom und Sklerotom) ausgegangen. In der Entwicklung vieler Organismen ist dieser Entwicklungsgang trotz aller Komplikationen Schritt für Schritt zu verfolgen. Es ist freilich nicht sicher, daß in allen Fällen das embryonale Material die Verschiebungen tatsächlich erleidet. Wenn hier und da neue Materialien die Erzeugung alter Formen übernehmen sollten (z. B. wenn Gliedmaßenmuskeln aus dem parietalen Blatt des ventralen Mesoderm entstehen statt aus Ursegmenten, wie behauptet wird), so gehört das vielleicht in das Kapitel der „Imitationen", von denen wir bereits sichere Fälle kennen (siehe S. 39).

II. Das fertige Baumaterial der Bewegungsapparate und dessen Entstehung (Skeletteile, Muskeln, Hilfsorgane von beiden).

Zu den passiven Baumaterialien (Skelett) gehören aus der Zahl aller im Bauplan des Körpers verwendeten Elemente einmal bestimmte Angehörige der Bindesubstanzgruppe, ferner Knorpel und Knochen; zu den aktiven Baumaterialien rechnen ebenfalls Bindesubstanzen und als essentielle Elemente die quergestreiften Muskelfasern.

Das Knochengerüst unseres Körpers ist ein so hervorstechender Anteil des Skelettes, es ist infolge seiner relativen Widerstandsfähigkeit gegen Fäulnis dem Laien so gut bekannt und von der Kunst so oft als selbständiger Exponent in Knochen- und Sensenmännern symbolisiert worden, daß die übrigen, nicht minder wichtigen Bestandteile des Skelettsystemes dagegen nicht immer zu ihrem Rechte kamen. Das Röntgenbild hat uns wieder so recht zum Bewußtsein gebracht, wie groß im lebenden Organismus die Zwischenräume zwischen den Knochenschatten sind. Sie sind mit Knorpel oder Bindegewebe ausgefüllt, Substanzen, die zum Zusammenhalt und zur Bewegung des Ganzen von entscheidender Bedeutung sind. Gäbe es eine ebenso einfache Methode bei den Muskeln, die eigentlich kontraktile Substanz, die quergestreiften Muskelfasern, getrennt von den verbindenden Gewebssubstanzen zu überschauen, so würde sich herausstellen, daß auch dort der Anteil der letzteren am Aufbau des ganzen aktiven Apparates sehr beträchtlich und deshalb unentbehrlich ist. In beiden Fällen scheint eine genetische Einheit von Anbeginn an zu bestehen; denn die höher entwickelten Elemente des Skelettsystems (Knorpel, Knochen) gehen aus den niederen (Bindesubstanzen) hervor und von den Muskeln wird neuerdings behauptet, daß ihre Fibrillen mit den Sehnenfibrillen von Anfang an zusammenhängen. Die gemeinsame Matrix ist in beiden Fällen aus den Beziehungen zu den metameren Ausgangspunkten zu verstehen.

Wir behandeln zuerst die allgemeine Skelett-, dann die allgemeine Muskellehre. Es ist aber von Anfang an zu betonen, daß diese Trennung nicht der Natur entspricht. Der Bewegungsapparat ist ein architektonisches Ganzes, in welchem Knochen, Bänder, Muskeln, selbst Fett u. a. m. ihre ganz bestimmte, nicht entbehrliche Stelle einnehmen. Wie dieser Zusammenhang von Anbeginn an in engster Nachbarschaft der Sklerotome und Myotome entsteht und wie sich von dort die Teile im Körper ausbreiten, ist im vorhergehenden Kapitel geschildert worden. Es geht die Verknüpfung im fertigen Zustand des Menschen so weit, daß die Knochen in den Gelenken nicht wie entsprechende Einrichtungen einer Maschine immer nur in der gleichen, unabänderlichen Weise bewegt werden (Zwangslauf), sondern aus der Fülle der Möglichkeiten, welche das Skelett und seine Verbindungen gestatten, wählt die Muskulatur unter dem Einfluß des

Nervensystems bestimmte Bewegungen aus: der potentiellen **Beweglichkeit** stehen ausgewählte reale **Bewegungen** gegenüber. Erstere ist passiv zu erzwingen und bei der Leiche allein festzustellen. Letztere sind nur beim Lebenden zu ermitteln. Der lebende Mensch ist kein Automat. Wir benutzen unseren Bewegungsapparat nicht zwangsläufig, soweit es nicht die unnachgiebigen Knochen vorschreiben und wie eine Maschine nicht anders kann, sondern frei nach Maßgabe der Typen, welche wir erlernt haben und welche unser Nervensystem anwendet, ohne daß wir davon wissen (typische Bewegungen). Es wird die Aufgabe der speziellen Kapitel sein, das im einzelnen aufzuzeigen. Hier sei nur darauf verwiesen, damit wir uns bewußt bleiben, wie groß der Eingriff in das architektonische Ganze ist, wenn wir zunächst die Teile einzeln herausnehmen.

1. Das Skelett (allgemeine Knochenlehre).

Die Skeletteile sind zuerst rein bindegewebiger Natur. Man nennt diesen Zustand den membranösen oder „häutigen". Zahllose niedere Tiere (Wirbellose) haben kein höher entwickeltes Skelett und die Wirbeltierembryonen besitzen anfänglich außer der Chorda auch nur „häutige" Stützelemente. Die höhere Stufe ist der Knorpel, dessen Eignung für solche Zwecke auf der größeren Festigkeit gegen Druck und auf der größeren Resistenz gegen Abscherung beruht. Gehen wir von einem beliebigen Skelettelement etwa von Zylinderform aus (Abb. 11), so erkennen wir in der Ablagerung der resistenteren Knorpelsubstanz (blau) innerhalb des nachgiebigeren Bindegewebes (grün) ein sehr einfaches Mittel, die Bewegung an bestimmten Stellen, an den Gelenken, zu lokalisieren. Das Wesentliche ist hier die Differenz des Härtegrades; „Gelenk" ist die für die Bewegung prädisponierte weichere Stelle. Eine Gelenkhöhle oder -spalte, welche bei den vollkommeneren Gelenken besonders auffällt, ist anfänglich nicht vorhanden (Abb. 11 b) und fehlt auch jetzt noch den recht beweglichen Gelenken vieler Tiere (Fußgelenke der Amphibien u. a.). Der Bewegungsprozeß wird an diesen Stellen beschleunigt, so daß neben größerer Widerstandskraft innerhalb des Systems schnellere Beweglichkeit zustande kommt. Die Entwicklung geht auf diesem einmal gefundenen Wege weiter, indem die Hebelarme selbst sich weiter verhärten. Das dazu dienliche Mittel ist der Ersatz des Knorpels durch den gegen Zug, Druck und Durchbiegung resistenteren Knochen (gelb). Nur an den Berührungsflächen ist so viel Knorpel übrig, daß hier besseres Gleiten durch den Knorpel vermittelt bleibt. Die Gleitfähigkeit des Knorpels aber wird erst voll ausgenutzt durch den Schwund des Füllgewebes an den Gelenkstellen bis auf Reste (besonders spezialisierte Zwischenscheiben u. dgl.) oder bis zum völligen Verlust. Schließlich ist von dem bindegewebigen Indifferenzzustand nur noch die oberflächliche Schicht übrig, welche von vornherein

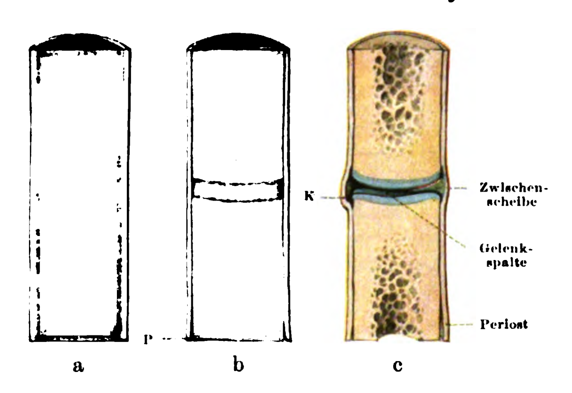


Abb. 11. Zylindrisches Skelettstück, halbiert (Schema). K = Kapsel. P = Perichondrium, rechts unten etwas abgelöst (ebenso das Periost). a) „Häutiger" Indifferenzzustand. b) Verknorpelung mit Gelenk (Synarthrose). c) Verknöcherung mit Gelenkspalte (Diarthrose). Rechts vom Beschauer eine Zwischenscheibe, links völliger Verlust des Zwischengewebes; gewöhnlich ist jeder dieser Zustände beiderseits vorhanden.

gegen die Umgebung als besonders dichte Grenzhaut differenziert ist, beim Knorpel als Perichondrium weiter besteht und beim Knochen als Periost bezeichnet wird. Ist die Gelenkspalte komplett ausgebildet, so nennt man den ihr entsprechenden Teil dieser Bindegewebshaut „Gelenkkapsel".

Mit der Einführung des Knochens, einer an Mineralien reichen Substanz in den Organismus sind sehr eingreifende Folgen für das Wachstum verbunden. Ein Knorpelstück ist bis zu einem gewissen Grade dehnbar und kann deshalb seine Form entsprechend der Umgebung ändern. Eine dünne, das Gehirn bedeckende Knorpellamelle beispielsweise kann sich weniger oder stärker wölben, je nach dem Umfang des wachsenden Gehirns. Beim mineralischen Knochen von definitiver Härte ist das bei einer gleich dünnen Lamelle nicht in dem Maß der Fall. Er muß durch einen völligen inneren Umbau geändert werden wie ein gemauerter romanischer Bogen, den man abtragen und neu aufbauen muß, um einen gotischen Bogen daraus zu machen. Im wachsenden Organismus greifen aber Prozesse des Ab- und Aufbaues des Skeletts so ineinander, daß jedes Stück seiner äußeren relativen Form und inneren Festigkeit nach möglichst unverändert bleibt und fähig ist, seine Stützfunktion ungeschwächt auszuüben. Jeder weiß, wie schwierig es bei einem Gebäude ist, einen Umbau durchzuführen, während es in Benutzung bleibt. Das tut aber unser Körper trotz seiner ungeheuren Komplikation bei seinen mineralischen Stützelementen, sowie sie genügend erhärtet sind und solange er wächst. Viele Unterscheidungsmerkmale der sich entwickelnden Knochen (Deck-, Ersatzknochen u. a. m.) hängen mit diesem inneren Umbau des wachsenden Skeletts zusammen. Bei der Einteilung der Schädelknochen werden wir besonderen Wert auf diese Merkmale zu legen haben.

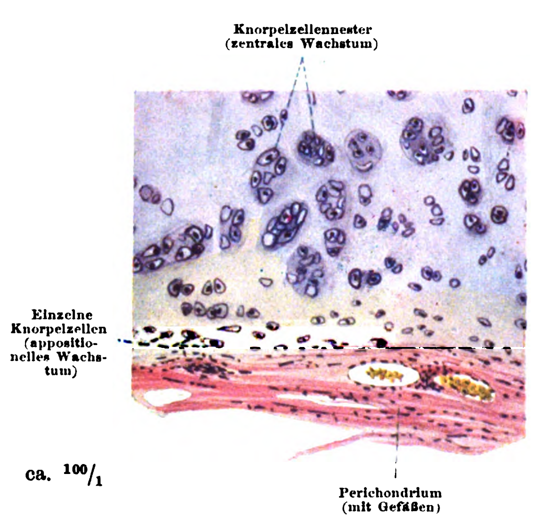


Abb. 12. Hyaliner Knorpel, Nasenscheidewand, Mensch.

Entwicklungsgeschichtl. Exkurs über die Beziehungen d. Knorpels zum Knochen

Die Skeletteile erfahren nur da eine allmähliche histologische Umwandlung, wo Bindegewebe in Knorpel übergeht. Diese stehen wirklich in genetischen Beziehungen zueinander, Knorpel und Knochen aber in der Regel nicht. Das Bindegewebe an der Oberfläche des Knorpels (Perichondrium. Abb. 12) wandelt sich in Knorpel um und trägt zur Vergrößerung (Verdickung) des Skelettstückes bei. Dieses periphere Wachstum (Apposition) ist zu unterscheiden von dem zentralen Wachstum des Knorpels (Intussuszeption). Bei letzterem vermehren sich die Zellen innerhalb des Knorpels und scheiden um sich herum Grundsubstanz aus. Je mehr Grundsubstanz abgeschieden wird. um so mehr entfernen sich die Tochterzellen voneinander. Bleibt bei älterem Knorpel die Abscheidung aus und teilen sich die Zellen noch eine Weile weiter, so liegen ganze Generationen von Zellen beieinander in Nestern (Abb. 12). In der Entwicklung höherer Tiere ist das Gewebe des Indifferenzzustandes (Abb. 11, grün) schon in Umwandlung in Knorpel begriffen. ehe die charakteristischen äußeren Merkmale von Bindegewebe (Grundsubstanz. Fasern) produziert werden können. Es besteht aus dicht gedrängten Zellen, von denen fast nur die großen Zellkerne zu sehen sind und deren Zelleiber, wie man annimmt, zu einem protoplasmaarmen Synzytium zusammenfließen (Vorknorpel). Der Knorpel geht unmittelbar aus diesem Blastem hervor; er entsteht durch Ausscheidung der hyalinen Grundsubstanz zwischen den Zellterritorien (Jungknorpel).

die allmählich zum fertigen Knorpel heranreift. Aber der Knorpel wandelt sich fast nie in Knochen um. Er kann wohl durch Einlagerung von Kalksalzen verhärtet werden (Verkalkung der Rippenknorpel u. dgl.) und ist bei Tieren mit ausschließlich knorpeligem Skelett (Haie) äußerlich mit eingelagerten Kalkprismen erheblich versteift. Tritt aber wirkliches Knochengewebe auf, so ist entweder der Knochen dem Knorpel nur äußerlich angelagert oder der Knorpel muß vernichtet werden, um dem Knochen den Platz frei zu geben. Ausnahmen sind so selten, daß wir hier ganz von ihnen absehen können. Die Bezeichnung, der Knorpel „verknöchere", ist irreführend; er macht dem Knochen Platz, indem er selbst verschwindet.

Diese ganz eigenartige Beziehung ist historisch leicht zu verstehen; noch wenig auf die ursächliche Bedeutung hin ist die Tatsache erforscht, daß der Knorpel in der individuellen Entwicklung immer wieder angelegt wird, obgleich er später aufgelöst werden muß, um dem Knochen zu weichen, aus dem unser Skelett größtenteils besteht. Es scheint, daß für die frühen Wachstumsveränderungen des Körpers, dessen proportionale Maßverschiebungen eine sehr lebhafte Umgestaltung der Form aller Skeletteile bedingen, Vorknorpel, Jungknorpel und Knorpel besonders geeignet sind, weil sie von innen heraus wachsen (Intussuszeption). Sie nehmen auf direktem Weg eine neue Form an, während der Knochen, sobald er verhärtet ist, nur indirekt (durch Abbau des Unpassenden und Neubau von Passendem) anders geformt werden kann. Die genannten Gewebsformen bleiben deshalb für die Frühstadien der Entwicklung an den meisten Stellen unentbehrlich. Sie genügen, während der Embryo passiv im Fruchtwasser schwimmt, den verminderten Anforderungen der Schwere und sind zugleich „Platzhalter" für die später einsetzenden, zum Leben in der Luft und für aktive Bewegungen notwendigen Verknöcherungen, deren Formen im Knorpel vielfach so weit vorgebildet sind, daß keine anderen Gewebe an die betreffende Stelle vordringen können. Knorpel und Knochen verhalten sich da, wo sie einander ersetzen, wie sich die Wachsvorlage eines Erzgusses, welche im Formsand abgedrückt wird, zum geschmolzenen Erz verhält. Das Erz fließt in die Matrize aus Formsand hinein und zerstört das Wachs (verlorene Form). So zerstört der Knochen den Knorpel.

Abb. 13. Deck- oder Mantelknochen des Schultergürtels des Störs (Acipenser sturio).

Es bestehen also sehr verwickelte Beziehungen zwischen Knorpel und Knochen, die bis in den fertigen Zustand unseres Körpers hineinreichen und für die Entwicklungsgeschichte und die Anatomie niederer Wirbeltiere von besonderer Bedeutung sind. Es soll hier nur das Wesentliche besprochen werden.

Deck- oder Mantelknochen

In der Wirbeltierreihe ist unter den rezenten Fischen zuerst bei den Ganoiden Knochen zu finden. Beim Stör z. B. gibt es zahlreiche Knochenplatten in der Haut, welche sich da auf das knorpelige Skelett des Fisches legen, wo es nahe genug an die Haut heranreicht. Es ist sehr deutlich, daß diese Knochenplatten lediglich äußerliche Beziehungen zum Knorpelskelett haben; denn sie entsprechen in Größe und Form nicht dem Knorpel. So ragt nicht selten der Knochen um ein Beträchtliches über die Grenzen des Knorpels hinaus (Abb. 13). Man nennt solche Knochen Deck- oder Mantelknochen. So wenig wie der Mantel sich der Körperform in allen Einzelheiten anzuschmiegen braucht, so wenig tun dies jene Knochen, wenn sie auch immer mehr und mehr der Form des Knorpels angepaßt werden, weil dadurch ihre Befestigung auf dem Knorpel eine Verbesserung erfährt. Das ist am klarsten beim Schädel, einer einheitlichen Knorpelkapsel, in welcher das Gehirn wohl verwahrt eingeschlossen liegt und welche oberflächlich mit verschiedenen Mantelknochen belegt ist. Bei den höheren Tieren und beim Menschen ist meist der Schädelknorpel reduziert. Er kommt z. B. auf dem Schädeldach gar nicht mehr zur Ausbildung. Die Deckknochen bilden sich dann auf der Stelle, unter welcher der Knorpel liegen müßte — also auch ohne Knorpel (Abb. 326). Eine gewisse Unabhängigkeit des Knochens vom Knorpel ist also geblieben; freilich ist nicht unwahrscheinlich, daß das perichondrale Gewebe, das erhalten bleibt, auch wenn der Knorpel fehlt, von Einfluß auf die Knochenbildung ist. Mantelknochen, wie in Abb. 13 sind deshalb beweisender für die ursprüngliche Diskrepanz (S. 10) zwischen Knochen und Knorpelgerüst.

Bei Knochenfischen und auch bei Amphibien ist die dermale Natur der Mantelknochen noch deutlich. Vielfach sind Spitzchen auf der Oberfläche der

Knochen vorhanden, die mit Schmelz überzogen sind. Hautzähne, welche bei den niedersten Fischen (Haie) in Legionen die ganze Haut bedecken. Haihaut ist deshalb von der Industrie vielfach zur feineren Politur von Holz benutzt worden. Die

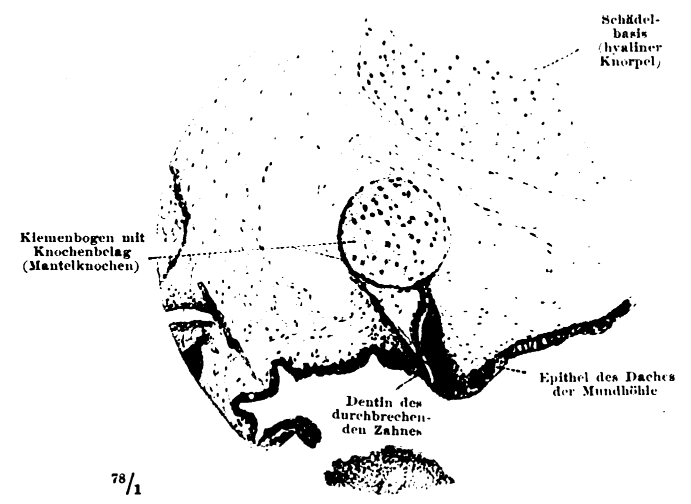


Abb. 14. Zahn und Mantelknochen, Forellenembryo, Mundhöhle.

Mantelknochen sind aus der Vereinigung zahlloser einzelner Hautzähnchen verschmolzen zu denken; in der Entwicklung der Forelle ist in der Mundschleimhaut der Zusammenhang zwischen Zahnanlage und Mantelknochen deutlich gewahrt (Abb. 14). Der Knochen ist also anfänglich nichts anderes als Dentin, Zahnbein (Elfenbein). Er entsteht, wenn keine Zähne mehr vorhanden sind, wie etwa in der glatten Körperhaut der Forelle, noch in der Haut, d. h. in deren bindegewebigem Anteil (Korium), wie das ganz allgemein beim Dentin der Fall ist (siehe Zahnentwicklung, Mundhöhle). Die Zähne der höheren Tiere sind hochausgebildete Repräsentanten jener einst unendlich zahlreichen, aber weniger differenzierten Hautzähnchen. Sie sind schon bei den Fischen mit der Anlage der Mundbucht nach innen gelangt, als diese durch Einstülpung von der Körperoberfläche aus entstand. Man kann sich bei der Forelle überzeugen, wie dermale Knochen vom Platze ihrer Entstehung aus allmählich in die Tiefe sinken und den Knorpel erreichen (Abb. 15).

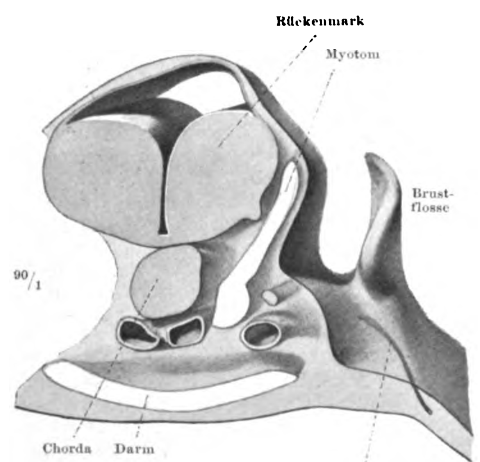


Abb. 15. Forellenembryo (Trutta fario), Rekonstruktion. Die knöcherne Anlage des Schultergürtels liegt vor der Brustflosse (nach dem Kopfe zu); sie rückt erst später an die Brustflosse heran und vereinigt sich dort mit dem Knorpelskelett, welches innerhalb des Flossenlappens entstanden ist.

Wir sind hier an dem Punkt angelangt, welcher entscheidende Bedeutung für die ursächlichen Beziehungen zwischen Knorpel- und Knochenentstehung hat. Bei Amphibienlarven können wir durch die Transplantationsmethode prüfen, ob solche Mantelknochen von der Haut aus — unabhängig vom Knorpel — oder vom Perichondrium des Knorpels aus gebildet werden. Verpflanzt man ein Skelettstück hinreichend früh an eine Stelle fern von aller Haut, so entstehen die Mantelknochen trotzdem in ganz typischer Weise, die Entstehungsursache eines Hautgebildes ist

also auf ein ganz anderes Gebilde, die Umgebung des Knorpels (Perichondrium), übertragen worden. Ich nenne diesen Prozeß „Imitation", weil andere Bindegewebszellen die Bildung desselben Knochens übernehmen, welcher anfänglich von Koriumzellen (Haut) geliefert wurde.

Ersatzknochen (enchondraler und perichondraler Typus)

Auf welchem Wege der Knochen dem Knorpel angegliedert wird, ist für die andere Kategorie der Knochen, die **Ersatzknochen**, noch unsicher. Der topographische Unterschied gegenüber dem Deckknochen beruht darauf, daß sich Mantelknochen außen vom Perichondrium, Ersatzknochen innen von diesem entwickeln (Abb. 16). Der Anschluß des Knochens an den Knorpel in Größe und Form ist unbedingt gefestigt, sobald das Territorium für beide identisch geworden und durch die Umgebung mit Perichondrium fest umhegt ist. Daher haben die Ersatzknochen eine weit höhere Bedeutung gewonnen und bilden weitaus die Mehrzahl der Knochen unseres Körpers. Nur an wenigen Stellen kommen überhaupt noch Deckknochen vor. Es wird dies bei den verschiedenen Regionen des Körpers zu besprechen sein.

Abb. 16. Querschnitt durch den Schultergürtel einer Unke (Bombinator). Die Klavikula besteht aus Deckknochen, das Korakoid aus Ersatzknochen. Entscheidend für die Beurteilung ist die Bindegewebslage zwischen Knorpel und Knochen der Klavikula (vgl. den Schnitt mit dem Gesamtbild des Schultergürtels eines ungeschwänzten Amphibs, Abb. 121 b).

Der Ersatz des Knorpels durch Knochen in dem hier erörterten Sinne kann in zweierlei Formen stattfinden, die beim Menschen immer kombiniert auftreten. Die ältere Form, die anfänglich — auch in der Entwicklung — allein vorhanden ist, nennt man **perichondralen** Ersatzknochen. Dieser Knochen liegt dem Knorpel wie eine Manschette auf, also zwischen Perichondrium und Knorpel. Der Knorpel wird unmittelbar vom Knochen berührt (nicht von ihm durch das Perichondrium geschieden wie beim Mantel- oder Deckknochen). Wächst diese Knochenmanschette längs einem zylindrischen Knorpel aus, so schiebt sie sich mit dünnen Rändern von der Mitte peripherwärts und verdickt sich gleichzeitig in der Mitte (Abb. 17). Diese Form ist für die Festigkeit des ganzen Skelettstückes sehr günstig. Der Knorpel wird sanduhrförmig eingezwängt. Man nennt dieses Stück die **Diaphyse**, die freiliegenden Knorpelenden die **Epiphysen**. Die perichondrale Verknöcherung hat bei Skelettstücken von anderen Formen entsprechend veränderte Gestalt. Immer bleibt der Knorpel da oberflächlich sichtbar, wo das benachbarte Skelettstück anstößt, also an den Gelenkverbindungen.



Abb. 17. Anlage eines Röhrenknochens mit Dia- und Epiphysen (Phalanx des Fingers, Schema). Perichondraler Ersatzknochen der Diaphyse: gelb.

Doch bleiben diese Knorpelenden und der vom perichondralen Knochen eingeschlossene Knorpelbezirk keineswegs immer in diesem Zustand, wie es tatsächlich bei niederen Formen der Fall sein kann. Vielmehr setzt alsbald die **enchondrale** Verknöcherung ein. Es entsteht ein Ersatzknochen, welcher den Knorpel von innen heraus verdrängt, nicht von außen her wie die perichondrale Ossifikation. Um aber für diese Prozesse im Inneren des Knorpels Platz zu schaffen, muß der Knorpel von innen heraus verschwinden. Er wird aufgelöst durch eindringende Blutgefäße, deren Fehlen sonst für Knorpel charakteristisch ist (S. 21). Sie gelangen in die Diaphyse von den Blutgefäßen aus, welche die ganze perichondrale Knochenmanschette durchziehen (Abb. 18, Gefäßkanäle). Es bildet sich vom Zentrum des Diaphysenknorpels aus, bis zu welchem diese Blutgefäße vordringen, ein „primordialer Markraum", welcher sich allmählich so weit vergrößert, daß nur noch an beiden Enden feine Knorpelbälkchen übrig bleiben und den Konnex mit der Epiphyse herstellen. Wir unterscheiden bei diesen Prozessen Vorgänge, welche sich am Knorpel abspielen, und Vorgänge, welche zur Knochenbildung gehören. Die ersteren sind nicht nur destruktiver Art, sondern der Knorpel geht, kurz bevor er zugrunde geht, progressive Veränderungen ein. Erstens vermehren sich seine Zellen sehr lebhaft und liegen, da die Bildung der Knorpelgrundsubstanz nicht gleichen Schritt hält, in Nestern und Säulen zusammen. Zweitens sind die Zellen hier groß und gebläht, also deutlich unterschieden von den Zellen des Hyalinknorpels in der Epiphyse. Endlich ist die Grundsubstanz zwischen diesen Zellen verkalkt.

Der Kalkknorpel ist dort besonders ausgebildet, wo schon die Zerstörung des Knorpels eingesetzt hat und nur noch einzelne Knorpelbälkchen von ihm übrig bleiben. Wahrscheinlich läuft die ganze Ausgestaltung des Knorpels kurz vor seinem Verschwinden darauf hinaus, die Lockerung zu vermeiden, welche durch den Markraum in dem ganzen Skelettgebilde hervorgebracht würde, wenn nicht hochwertigere Knorpelbrücken an die Stelle der Gesamtmasse des Hyalinknorpels träten. Ich fasse den Kalkknorpel als Verankerung der Epiphyse in der diaphysären Hohlmanschette auf und sehe wenigstens einen Faktor für die progressiven Erscheinungen am Knorpel in dieser Aufgabe. Der Prozeß ist also kein Absterbevorgang. Die Auflösung des Knorpels durch den eindringenden Markraum ist ein chemischer Prozeß; wir kennen Näheres davon nicht.

Der primordiale Markraum enthält außer den Gefäßen zahlreiche andere Elemente, welche zum Teil für den Aufbau des Knochens bestimmt sind, zum Teil das spätere Knochenmark bilden, d. h. eine Substanz, welche nur in den Knochen eingeschlossen ist und mit ihm so wenig zu tun hat wie der Inhalt einer Dose mit der Dosenwand. Das Knochenmark hat vielmehr ausschließlich Beziehungen zur Blutbildung. Es ist bisher nicht gelungen, von den jungen Knochenmarkzellen die Knochenbildungszellen, Osteoblasten, frühzeitig zu unterscheiden. Man erkennt vielmehr die Osteoblasten erst dann, wenn sich Knochen gebildet hat, an den Beziehungen zu diesem. Es bleiben auch Osteoblasten zeitlebens im Knochenmark zurück; denn bei transplantierten Knochenstücken ist Regeneration dann möglich, wenn Knochenmark (oder Periost) mit verpflanzt ist. Von der Art der Tätigkeit der Osteoblasten wird erst weiter unten die Rede sein. Hier genügt es hervorzuheben, daß der enchondrale Knochen als feiner Belag auf die verkalkten Knorpelreste abgelagert wird (Abb. 18 u. 19). Es bleiben die charakteristischen Kalkknorpelreste noch lange im enchondralen Knochen sichtbar; meist ist dieser auch an der Oberfläche durch eine feine Kalkknorpellinie vom perichondralen Knochen abgesetzt. Da letzterer nie Knorpelreste enthalten kann, so ist es leicht, beide Arten des Ersatzknochens mikroskopisch voneinander zu unterscheiden (Abb. 19).

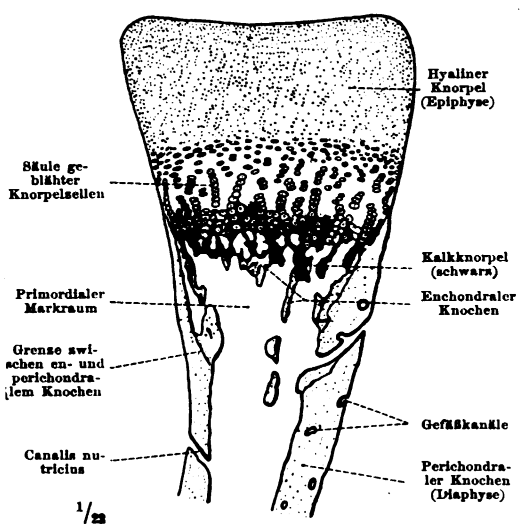


Abb. 18. Längsschnitt durch die Epi- und Diaphyse der Fingerphalanx eines menschlichen Fötus (siehe Abb. 17).

Epi- und Apophysenkerne. Längen- u. Dickenwachstum der Knochen

Die Epiphysen werden später ebenfalls durch Ersatzknochen verdrängt. Bei ihnen bildet sich aber begreiflicherweise nur enchondraler Knochen. Denn auf der Oberfläche muß immer hyaliner Knorpel übrig bleiben, wenigstens soweit die Oberfläche für die Gelenkverbindung benutzt wird. Das wäre bei einer perichondralen Knochenkruste unmöglich. Im übrigen wird die Oberfläche in der verschiedensten Weise durch neue Knochenkerne besetzt und in Knochenvorsprünge umgewandelt, welche meist zum Ansatz von Muskeln dienen: Apophysenkerne. Sie erscheinen sehr spät, oft erst zur Zeit der Pubertät und später, also lange nach der Geburt. Bis zur Vollendung des Körperwachstums spielt auch die Knorpelplatte eine große Rolle, welche zwischen Epiphyse und Diaphyse jederseits stehen bleibt, Epiphysenplatte oder -linie (Abb. 188, 224, 260, 292). Hier findet das Längenwachstum des Skeletteils statt, und zwar in der Weise, daß vom Perichondrium aus neue Elemente in die Epiphysenplatte nachrücken. Auch dies ist nur bei Fehlen des perichondralen Verknöcherungsprozesses möglich. Es ist ein Gesetz, daß immer erst auf dem Wege des Knorpelwachstums in den Epiphysen ein Zuwachs in die Länge zustande kommt. Die Epiphysenplatte wird in dem gleichen Tempo, in welchem sie wächst, beiderseits in enchondralen Knochen verwandelt, so daß sie scheinbar nicht verdickt wird. Wird die Epiphysenplatte durch krankhafte Prozesse (Eiterung), operative Eingriffe oder dgl. verletzt, so bleibt das Längen-

wachstum des Knochens aus und der betreffende Körperteil ist zeitlebens verkürzt: der beste Beweis für die Bedeutung des Knorpels im Werdegang des Knochens.

Das Dickenwachstum des Knochens geht allein vom perichondralen Knochen aus, also durch Apposition. Das ist verständlich, da der Knochen von Stufe zu Stufe andere Formen annehmen muß. Die Knochen der Schädelkapsel z. B. sind um so stärker gekrümmt, je kleiner das Gehirn ist, und werden, je mehr Gehirn und Schädel wachsen, um so flacher. Rein physikalisch ist der mineralisierte Knochen zu hart, um solche Umformungen einzugehen. Es geschieht durch Anlagerung neuen Knochens in der nötigen Form und durch Abbau des nicht geeigneten Materiales. Da der Markraum bei der Vergrößerung eines Röhrenknochens immer wächst, so muß schließlich aller enchondrale Knochen der Diaphyse zugrunde gehen und auch ein großer Teil des perichondralen Knochens, der anfänglich gebildet wird. Der Extremitätenknochen eines Embryo hat in der Markhöhle des Erwachsenen Platz. Wir beschäftigen uns deshalb weiter unten nur mit dem perichondralen Knochen, dessen Bau für die fertige Struktur maßgebend ist.

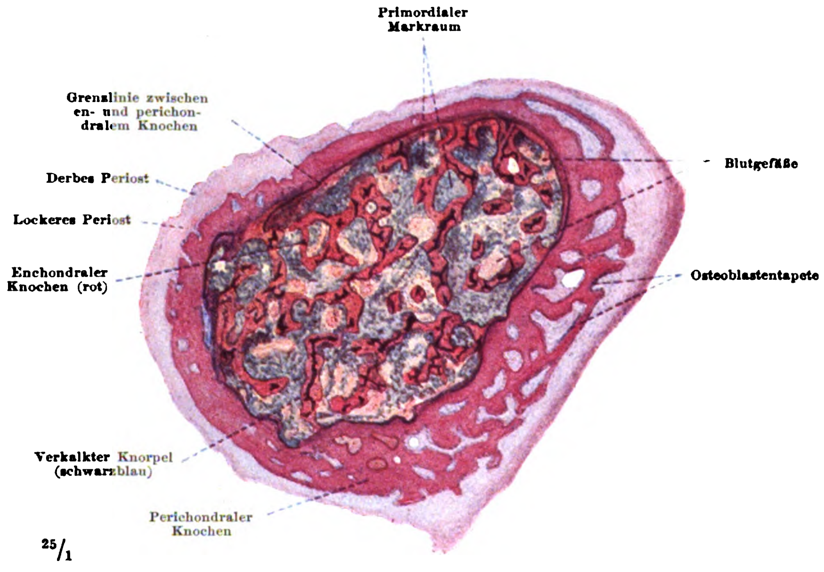


Abb. 19. Querschnitt durch die Diaphyse eines Röhrenknochens (Unterarm, menschlicher Fötus).

Der Umbau eines werdenden Skelettstückes ist ein lebhafter Prozeß. Nur die frühesten, an Intensität des Wachstums bevorzugtesten Etappen sind ganz dem bindegewebigen und knorpeligen Stadium des Skelettes überlassen. Mag der Knochen auch die Plastizität des Materiales dieser Gewebsarten nicht besitzen, so ist er durch seine lebendige Wachstumstätigkeit plastisch genug, um weitgehende Veränderungen auszuführen, wie auch am fertigen Knochen zu konstatieren ist. Physikalische Härte und biologische Plastizität der Knochen sind Fähigkeiten, welche einander nicht ausschließen und welche heute nicht mehr miteinander verwechselt werden dürfen.

Unsere Übersicht über die stammgeschichtliche und individuelle Entstehung des Knochens vermag zu zeigen, wie zahlreich die Blutgefäße beim Aufbau der Knochen beteiligt sind im Gegensatz zum Knorpel, dem sie bekanntlich fehlen. Wir knüpfen bei der Schilderung des fertigen Knochens hier an. Es enthalten zwar dünne Knochenlamellen keine Gefäße wie die feinsten Siebbeinlamellen des Schädels, das Zement der Zähne u. a. Sowie aber der Knochen einigermaßen dick ist, wie das bei allen knöchernen Teilen des Bewegungsapparates der Fall ist, spielt das Blutgefäß eine Rolle, und zwar ist sein formativer Einfluß sehr weitreichend. Von ihm gehen wir deshalb aus.

Die Haverssche Säule als primäres Formelement des Knochens (Osteon)

Von der Umgebung der Blutgefäße (Abb. 20) wird Knochensubstanz schichtenweise abgelagert. Die Zellen, welche dafür wesentlich sind, nennen wir Osteoblasten. Sie liegen als geschlossene Epitheltapete um die Blutgefäßwandungen herum und sind jedenfalls mit den vorwuchernden Blutgefäßen an die Stellen gelangt, wo Knochen entsteht. Es ist neuerdings fraglich geworden, ob nicht noch andere Mesodermzellen als die Osteoblasten, und zwar solche, welche weiter zurück vom entstehenden Knochen (hinter der Osteoblastentapete) liegen, an der Knochenbildung beteiligt sind oder sogar im Anfang allein faserige Produkte (Knochenfibrillen) für den Aufbau des Knochens liefern. Es wird immer schwierig sein, aus mikroskopischen Schnitten, also aus toten Objekten, nach der größeren oder geringeren Nachbarschaft solcher Fasern mit bestimmten Zellelementen zu erkennen, welcher Art die Tätigkeit dieser Elemente ist. Unzweifelhaft sind die Osteoblasten die einzigen Zellen,

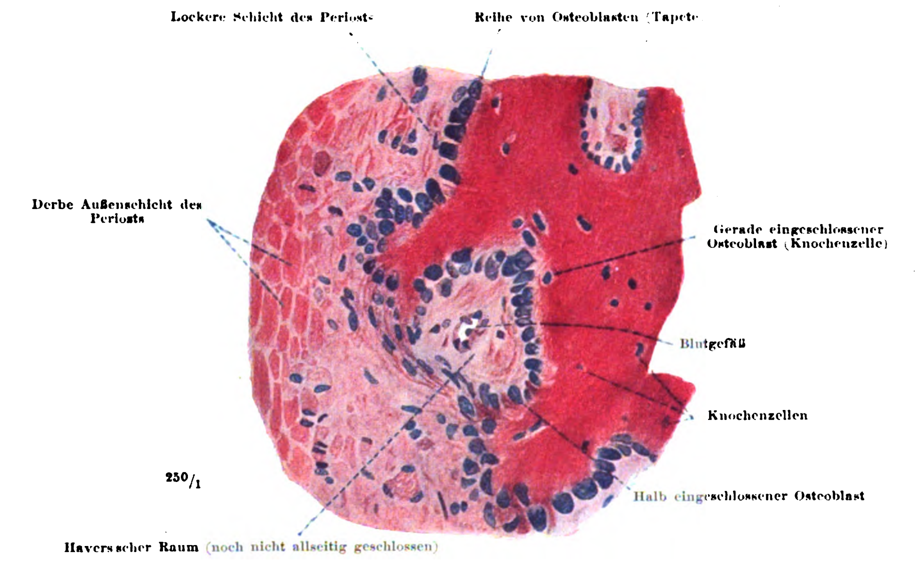
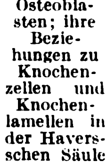


Abb. 20. Umwandlung der Osteoblasten in Knochenzellen. Detail vom Rande der Diaphyse, Abb. 19.

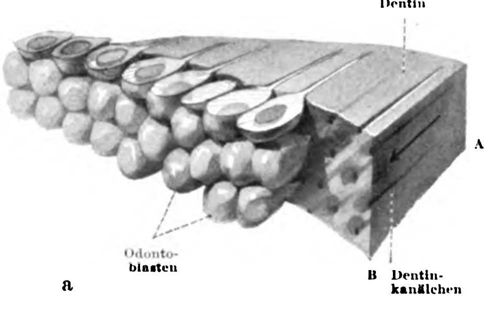
welche in den Knochen aufgenommen werden und zeitlebens als Knochenzellen in und mit diesem leben. Das ist ein zuverlässiger positiver Beweis für die biogenetische Bedeutung der Osteoblasten in der Bildungsgeschichte des Knochens.

Da Knochen von osteogenem Gewebe um Blutgefäße herum abgeschieden wird, so entsteht ein Hohlzylinder als primitives Formelement: die Haverssche Säule oder das Osteon. Man kann sich leicht überzeugen, daß ein dünner Karton, der durch ein Gewicht von bestimmter Größe sofort durchgebogen wird, das gleiche Gewicht und mehr zu tragen imstande ist, sobald er rinnenförmig gekrümmt wird, wie etwa beim Abmessen eines Pulvers in der Apotheke. Der Beanspruchung gegen Knickung wird mit dem gleichen Materialaufwand viel wirksamer begegnet, wenn die elementare Knochenform eine Hohlsäule ist, als wenn sie solid gebaut wäre. Dieses Prinzip, welches sich die Technik absichtlich in der Verwendung von Röhren, Wellblech, Wellpappe u. a. zur Versteifung gegen Biegung und Knickung zunutze macht, hat sich beim Knochen zufällig ergeben aus der Abscheidung seiner Masse um das Gefäß herum, welches in der Seele des Rohres erhalten bleiben muß, weil ohne Gefäß

kein Bestehen und Wachsen dickerer Knochen möglich ist, und welches hier einen Platz findet, der ohnehin für die Knochensubstanz mechanisch wertlos ist. Man nennt den Raum für das Gefäß den HAVERSschen Kanal. Mit einem Minimum an Material wird ein Maximum an Arbeit geleistet. Dieses Prinzip, welches schon im Beginn der elementaren Knochenbildung gefunden ist, wird für die feinere Ausgestaltung der HAVERSschen Säule durch sehr einfache Modifikationen der Knochenabscheidungen in folgender Weise weiter angewendet.


Osteoblasten; ihre Beziehungen zu Knochenzellen und Knochenlamellen in der Haversschen Säule

Werfen wir einen Blick auf diejenige Knochensubstanz, welche nach unseren phylogenetischen Betrachtungen als sehr primitiv gelten muß, das Dentin (Zahn-Elfenbein). Es geht auch von Mesodermzellen aus, den Odontoblasten, welche eine epitheliale Zelltapete formieren. Alle Zellen scheiden in ihr nach ein und derselben Richtung hin das Dentin nach Art eines Sekretes aus. Dabei bleibt ein feiner Fortsatz der Zelle in der ausgeschiedenen Substanz stecken. Er verlängert sich in demselben Maß, in welchem das ausgeschiedene Dentin an Dicke zunimmt (Abb. 21 a). Ist das Dentin dick geworden wie in unserer Abbildung an der rechten Seite, so haben sich die Odontoblasten in der Richtung des Pfeiles von ihrer Ausgangsstellung A nach B verschoben. Die Ausläufer liegen als Protoplasmafasern in feinen Poren des Dentins, den Dentinkanälchen. Die Untersuchung der Zähne wird uns später lehren, daß dieser Bau des Dentins zeitlebens als Prinzip seiner Struktur beibehalten wird. Anders beim eigentlichen Knochen. Auch bei diesem ragt anfänglich nur ein Fortsatz eines jeden Osteoblasten in die junge Knochensubstanz hinein; bald löst sich dagegen ein Osteoblast aus der Reihe der anderen und bleibt als Ganzes im Knochen stecken, er wird so zur Knochenzelle, früher Knochenkörperchen genannt (Abb. 21 b). Indem Osteoblasten zu Knochenzellen werden, mauern sie sich durch ihr eigenes Produkt, den Knochen, ein. Biologische Austauschmöglichkeiten werden jetzt naturgemäß nicht durch einseitig, sondern allseitig gerichtete Fortsätze vermittelt. So kommt die charakteristische Spinnenform der Knochenzellen zustande, deren genauere Orientierung im Knochen weiter unten zu besprechen ist. Die Stelle * in unserem Schema, aus welcher der Osteoblast ausschied, der zur Knochenzelle wurde, wird alsbald durch die Vermehrung der übrigen Osteoblasten ausgefüllt und das Kontinuum der Osteoblastentapete wiederhergestellt. Der Vorgang spielt sich nicht einmal, sondern unzählige Male ab innerhalb eines bestimmten ontogenetischen Termins.



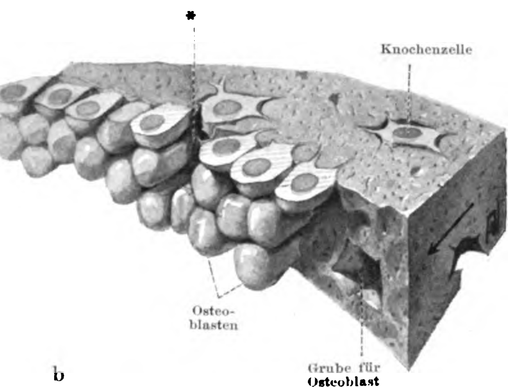


Abb. 21. Odontoblasten (a) und Osteoblasten (b). Schema. Die rechte Seite der Abbildungen ist von Zellen entblößt gedacht. Die feinen Poren im Knochen (b) sind quergetroffene Ausläufer der Knochenzellen.

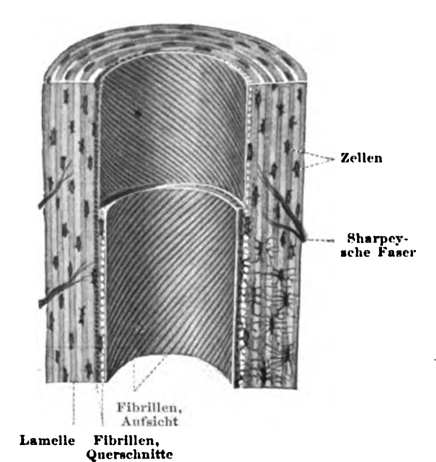


Abb. 22. Haverssche Säule (Osteon), Schema. Das Lumen ist erweitert gedacht, Säule der Länge nach halbiert, die innerste Lamelle ist zur Hälfte abgetragen. Auf dem Schnitt rechts unten sind die Ausläufer der Knochenzellen vollständig wiedergegeben, sonst nur die Zellkörper (Knochenhöhlen oder -körperchen).

Die Speziallamellen der Haversschen Säule und ihre mechanische Bedeutung

Äußere Generallamellen

Havers-sche Kanäle und Speziallamellen

Innere Generallamellen

Erweiterte Havers sche Kanäle (Tubuli ossei)

16/1

Abb. 23. Querschnitt durch die Kortikalis des Schaftes des Oberschenkelknochens, Mensch. Entkalkter Knochen, Schnitt mit Thionin nach Schmorl gefärbt.

Dann kommt er vorläufig zum Stillstand. Wie der Jahresring eines Baumes wird auf diese Weise um das Blutgefäß herum eine dünne Knochenlamelle abgelagert, in deren innerster Schicht die dazu gehörigen Knochenzellen stecken. Es wird dann ein zweiter Ring innen von dem ersten abgelagert und abermals schwärmen Osteoblasten aus, die zu Knochenzellen des zweiten Ringes werden usw. Auf diese Weise wird unsere Haverssche Säule zu einem geschichteten Element, vergleichbar einem zusammengeschobenen Perspektiv (Abb. 22, 27). Man nennt die zu einer Haversschen Säule gehörigen Lamellen Speziallamellen oder auch Haverssche Lamellen.

Wir überzeugen uns von der Häufigkeit dieser Lamellenstruktur an dem Querschnitt eines der höchst entwickelten Knochen unseres Körpers, eines Röhrenknochens (Abb. 23, 29). Die Blutgefäße verlaufen zum allergrößten Teil in der Längsrichtung des Knochens, sind also auf dem Querschnitt quer getroffen und, da sie bei der Mazeration verwest sind, als zahlreiche Löcher zu sehen. Um jedes Loch ist ein System von Speziallamellen zu erkennen, d. h. der Querschnitt oder Schrägschnitt einer Haversschen Säule.

Durch die lamellöse Struktur wird nun eine weitere beträchtliche Sicherung des Formelementes, der Haversschen Hohlsäule, gewährleistet. Die Neuerung beruht, wie wir sehen, auf jenem Unterschied gegenüber dem primitiveren Knochen, dem Dentin, daß die Zellen in die von ihnen abgeschiedene Knochensubstanz hineingelangen, was wohl dadurch bedingt ist, daß der Knochen andere Dimensionen annimmt und deshalb nicht mehr von außen regiert werden kann. Ist der Prozeß soweit gediehen und wandern Knochenbildungszellen nicht sukzessive, sondern schubweise aus — was zuerst durch vorübergehende Stockungen des Wachstums bedingt sein konnte — so ist die notwendige Folge nicht nur eine lamellöse Struktur, sondern zugleich eine ganz erhebliche Steigerung der mechanischen Festigkeit. Versucht man einen dicken

Radiergummi zu biegen, so wird die konkave Seite zusammengedrückt und die konvexe Seite auseinandergezerrt. Man kann dies durch parallele Bleistiftstriche von gleicher Entfernung deutlich machen, die auf der Druckfläche einander genähert und auf der Zugfläche entfernt erscheinen, oder durch einen dünnen Paraffinüberzug, der dann auf der einen Seite deutlich durch Zug, auf der anderen durch Druck verursachte Risse aufweist. Im Inneren des Gummis klingen Zug und Druck allmählich ab bis zu einer neutralen Mittelschicht (Abb. 24a). Es bestehen also flächenweise angeordnete Kraftverteilungen, welche darauf hinarbeiten, die einzelnen Schichten oder Lamellen gegeneinander zu verschieben. Biegt man ein Kartenspiel, das man an einem Ende fest gepackt hält (Abb. 24b), so ist die Verschiebung der einzelnen Lamellen gegeneinander am freien Ende leicht wahrzunehmen. Man nennt diese Wirkung „Abscherung". Die „Scher- oder Schubkräfte", welche in jedem auf Biegung beanspruchten Material — also auch in der Haversschen Säule — wirksam sind, werden dadurch paralysiert, daß die Säule aus Lamellen besteht, die sich so weit gegeneinander verschieben, daß keine Zerreißung des Materiales eintritt. Schubweiser Austritt von Osteoblasten in dem Knochen ergab also als Nebenprodukt von selbst die Sicherung gegen Abscherung. So ist die Nebenerscheinung für den Knochen das Wesentliche geworden und es ist charakteristisch, daß die Natur sofort solche Vorteile ergreift und festhält: alle Haversschen Säulen (mit wenigen Ausnahmen) sind lamellös gebaut.

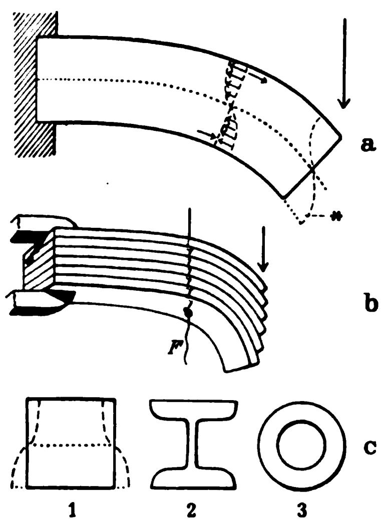


Abb. 24. Schemata für Schubkräfte (Abscherung). a) Eingemauerter Balken, in Richtung des Pfeiles belastet. Oberhalb der Mitte ist das Material durch Zug beansprucht in Richtung und Größe der voneinander abgewendeten Pfeile. Unterhalb der Mitte Druck in Richtung und Größe der aufeinander zugewendeten Pfeile. Linie * gibt an, wie sich die Stirnseite des Balkens verhalten würde, wenn die inneren Kräfte sich frei auswirken könnten. b) Dasselbe wie a, nur aus Lamellen bestehend (Kartenspiel). F durchgefädelte Schnur. c) 1. Balken wie bei a im Querschnitt (die gestrichelten Linien zeigen die Tendenz zur Verschmälerung und Verbreiterung). 2. Doppelter T-Träger. 3. Hohlsäule (Tubulus osseus).

Sharpeysche Fasern und Knochenfibrillen

Da der perichondrale Knochen auf bindegewebiger Unterlage entsteht, so ist von vornherein ein Element gegeben, welches zu starke Verschiebungen der Lamellen zügelt. Es sind die Sharpeyschen Fasern, d. h. kollagene, meist unverkalkte Faserbündel. Sie dringen senkrecht oder schräg zu den Lamellen von außen in die Wandung der Haversschen Säule ein (Abb. 22) und sind von den zahlreichen, wirr durcheinander liegenden Fasern gleicher Art, welche der Knochen bei seiner Bildung vorfand, allein übrig geblieben (Abb. 25). Mit Knochenfibrillen (s. unten) haben sie nichts zu tun. Denkt man sich ein Kartenspiel senkrecht zu den Karten durchstochen und einen Faden hindurchgesteckt, so wird dieser durch die Schubwirkung gespannt und der weiteren Abscherung Einhalt tun (Abb. 24b).

Wir nahmen bisher Abstand von der Betrachtung der faserigen Strukturen des Knochengewebes selbst, der Knochenfibrillen, weil gerade diese in der speziellen Art ihrer Entstehung strittig sind (S. 42). Fibrillen sind in die Grundsubstanz des fertigen Knochens in so ungeheuren Mengen eingebettet, daß eine Vermehrung mit fortschreitender Entwicklung nicht zu leugnen und — mag die früheste Bildung welcher Art auch immer sein — der Tätigkeit der Osteoblasten zuzurechnen ist. Die Lamellen haben bei lang gestreckten Havers-

schen Säulen die Eigentümlichkeit, immer abwechselnd Fasern von entgegengesetzter Richtung zu beherbergen (Abb. 22, 27). Gehen die Fasern der einen

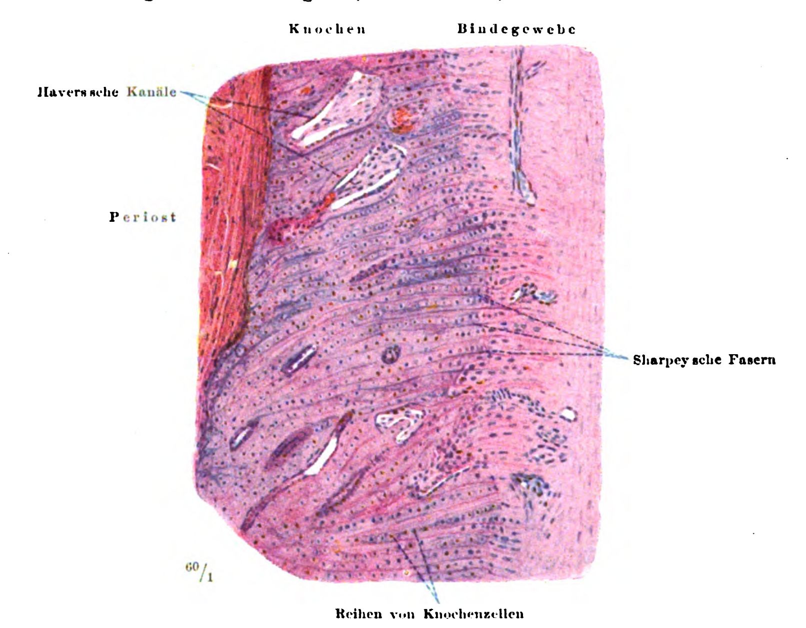


Abb. 25. Sharpeysche Fasern im Rand der knöchernen Zahnalveole, Kiefer des Kaninchens, Nagezahn.

Lamelle im Sinne des Uhrzeigers schräg aufwärts, so verlaufen die Fasern der folgenden Lamelle entgegengesetzt. Die einzelne Faserrichtung beschreibt schließlich eine Spirale einer bestimmten Ganghöhe, d. h. sie steigt in einem be-

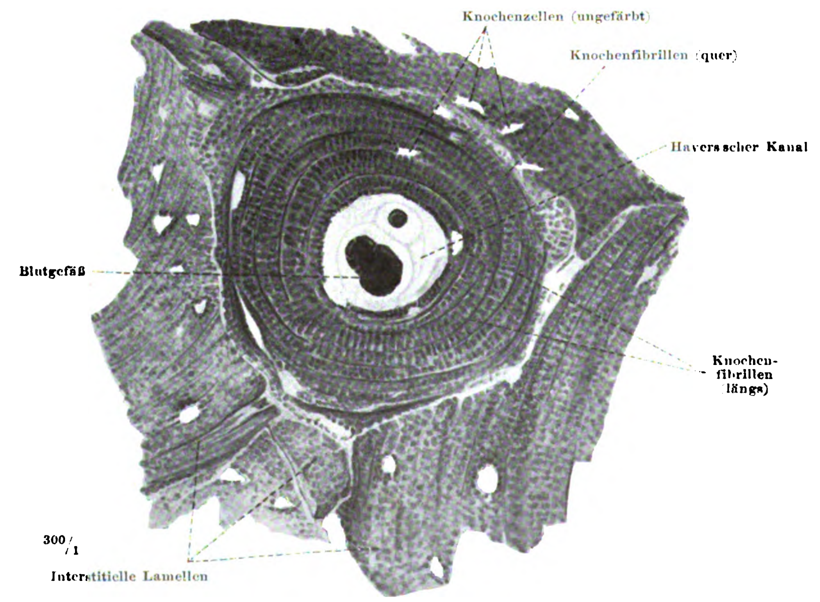


Abb. 26. Fibrillen einer Haversschen Säule, Mensch. Nach Bielschowsky gefärbt. (Modifikation Studnicka.)

stimmten Winkel zur Horizontalen in die Höhe und windet sich allmählich um den HAVERSschen Kanal herum. Der Winkel ist vielfach gleich 45°, kann aber größer oder kleiner sein und wechselt nicht selten in den verschiedenen Schichten der gleichen HAVERSschen Säule (Abb. 27).

Im polarisierten Licht treten die verschiedenen Schichtungen der Knochenfibrillen besonders hervor, ja man erkennt zwischen gekreuzten Nikols Schichten, welche sonst mikroskopisch nicht zu sehen sind. Dieses feine Reagens wird deshalb viel benutzt.

Lage der Zellen und Zellenausläufer zu den Lamellen

Die Knochenzellen sind so angeordnet, daß sie zwischen zwei Faserschichten liegen, von denen jeweils die äußere zu der von der betreffenden Zellschicht produzierten Knochenlage gehört. Die zugehörigen Zellen haben entsprechende Lage: ihre Längsachse liegt in der Richtung der Fibrillen der betreffenden Schicht. Man versteht daher, daß die Knochenzellen abgeplattet sind, so daß sie zwischen je zwei Fibrillenlagen den geringsten Raum einnehmen. Der Zellkörper ist linsenförmig (Abb. 27). Die Ausläufer gehen in der Ebene zwischen zwei Faserlagen von Zelle zu Zelle der gleichen Generation; diese Ausläufer entspringen vom Rand des Zellkörpers. Bedeutsamer noch sind die viel zahlreicheren Ausläufer, welche von der Fläche des Zellkörpers ausgehen, zwischen den Fibrillen der Knochenlamelle hindurch zu der nächstfolgenden Zellschicht gelangen und auf diese Weise radiär die ganze Säule durchziehen (Abb. 22). Es ist strittig, ob wirklich Kontinuität des Protoplasmas der Zellen im Knochen mittels dieser feinsten Poren besteht. Ist dies nicht der Fall, so ist die Beziehung der Zellen durch lympherfüllte Kanäle auf diesen Wegen ausreichend.

Haversscher Kanal

Abb. 27. Haverssche Säule (Osteon), Schema. (Mit freier Benutzung einer Abbildung von W. Gebhardt.) Die Lamellen sind so abgetragen, daß bei jeder ein Streifen der Außenfläche zu sehen ist. Auf die beiden äußersten Lamellen sind die Knochenzellen aufgezeichnet, auf die äußerste die Poren der radiär verlaufenden Zellausläufer. In die übrigen Lamellen sind die Fibrillen eingetragen.

Funktionelle Bedeutung des Intimbaues der Haversschen Säule (Osteon)

Der hier beschriebene Intimbau der HAVERSschen Säule hat große Ähnlichkeit mit dem Eisenbeton der Technik. Wie bei diesem Eisenstäbe, so liegen beim Knochen Bindegewebsfibrillen als zähe Fasern in einer steinharten Kalkmasse. Druck und Zug werden, wie sie auch auftreffen mögen, in einer idealen Weise aufgefangen, weil das eingelagerte Material elastisch ist. Es entspricht bis ins feinste hinein der mechanischen Inanspruchnahme der Elemente des Knochens. Wirkt eine Gewalt drückend oder ziehend senkrecht zur Fläche der HAVERSschen Lamelle, so werden sich die Fibrillen wie ein Netz verhalten, welches eine lokale Gewalteinwirkung gegen eine seiner Maschen auf die Nachbarmaschen überträgt und abschwächt (Dämpfung). Wirkt sie aber in der Richtung der HAVERSschen Lamellen (innerhalb deren Ebene selbst), so wird sie immer Fibrillen antreffen, welche durch sie direkt oder indirekt gespannt werden und deshalb die Kraftwirkung bremsen. Es läßt sich keine Beanspruchung denken (Druck, Zug, Torsion, Biegung, Abscherung), gegen welche nicht der geschilderte Bau der HAVERSschen Säule gewappnet wäre.

Die stützenden Organe des Bewegungsapparates, welche aus HAVERSschen Säulen und ihren Derivaten bestehen, müssen sehr verschiedenen Einwirkungen ausreichenden Widerstand entgegensetzen. Darin beruht ihre Daseinsberech-

tigung, ihre Dauerfähigkeit. Je vollkommener sie den Aufgaben genügen, welche an sie herantreten, um so größer ist ihr Wert für den Organismus, ihre Zweckmäßigkeit. Der Knochen hat dank seiner Struktur und Zusammensetzung aus weniger verweslichen und der Erforschung zugänglicheren Gewebsteilen, als wir sie bei anderen Organen unseres Körpers finden, wundervolle Beispiele geliefert für die vollkommene Harmonie, welche von der Natur zwischen mechanischer Aufgabe und morphologischem Aufbau erzielt wird. Wie beim Techniker Konstruktion auf dem Papier und im Material übereinstimmen, so ist auch beim Knochen der Bau in die mechanische Aufgabe genau ,,hineingerechnet" (funktionelle Struktur).

Das Problem, wie derartige Zweckmäßigkeit oder besser Dauerfähigkeit entsteht, kann nur gelöst oder der Lösung näher geführt werden durch Untersuchung der speziellen Art ihres Auftretens, die wir hier beim Knochen verfolgen. Häufig findet man, daß Konstatierung von Zweckmäßigkeiten verwechselt wird mit der teleologischen Ausdeutung dieser Naturtatsache. Wir wollen hier zunächst nur konstatieren. Deshalb sollen die von uns bevorzugten Beispiele von Technikern nur sagen, daß bei deren Werk wie beim Werk der Natur Übereinstimmung zwischen Aufgabe und Bau besteht, und nicht, daß die Natur auf demselben Wege dieses Ziel erreicht wie der Mensch, welcher zuerst das Ziel und dann die Mittel dazu sucht. Zielstrebigkeit, Teleologie, als außerkörperliche Erklärung zweckmäßiger Naturphänomene steht außerhalb des Rahmens naturwissenschaftlicher Betrachtung (siehe S. 57).

Die Substantia compacta, ihr Aufbau aus Osteonen; Generallamellen und interstitielle Lamellen

Während die HAVERSsche Säule (Osteon) ein mikroskopisches Element ist, sind die höheren, aus Osteonen oder deren Derivaten zusammengesetzten Strukturen, welchen wir uns jetzt zuwenden, mit bloßem Auge zu erkennen. Wir unterscheiden bei den meisten, besonders bei den langen Knochen, eine Substantia compacta und eine Substantia spongiosa. Man nennt jene auch Röhrenknochen, weil sich hier im großen wiederholt, was im kleinen jedes Osteon zeigt, nämlich die Anhäufung von Knochenmasse an der Peripherie (Kompakta s. Kortikalis) und die Abnahme im Inneren (Spongiosa); dadurch werden die beiden konträren Bedürfnisse des Skelettes, größte mechanische Widerstandsfähigkeit und größte Leichtigkeit, auf sehr einfache Weise erfüllt. Die extremsten Beispiele für den innigen Nexus zwischen Gebrauch und Struktur bieten Schwimm- und Fliegtiere. Bei den ersteren kommt es manchmal darauf an, den Knochen als Ballast zu benutzen, wenn der Fettreichtum sonst das Tauchen verhindern würde (Wale). Er besteht dann durch und durch aus Kompakta. Bei den Vögeln dagegen wird größte Leichtigkeit mittels Auflösung der Spongiosa und Ersatz durch Luft erzielt.

Die Kompakta (Abb. 28) setzt sich vorwiegend aus HAVERSschen Säulen zusammen mit sehr engem Lumen, in welchem gerade das Gefäß Platz hat. Die knöcherne Wandung überwiegt weitaus.

An der Außen- und Innenfläche der Kompakta kommt häufig, aber nicht immer, ein System von Knochenlamellen vor, welches diesen Flächen parallel verläuft, also nicht um Gefäßkanäle als Zentrum orientiert ist wie die Speziallamellen der HAVERSschen Säulen. Man nennt sie Generallamellen (Grundlamellen). Die äußeren Generallamellen liegen dem Periost an und werden von diesem als einheitlicher Abschluß auf die übrige Substanz der Kompakta abgelagert, wenn die Bildung der HAVERSschen Säulen im wesentlichen abgeschlossen ist. Manchmal haben sich solche noch nachträglich gebildet. Dann sind HAVERSsche Kanäle mit deutlichen konzentrischen Lamellensystemen in die äußeren Generallamellen eingeschlossen (Abb. 29). Charakteristisch sind andere Kanäle in den Generallamellen, welche keine Speziallamellen besitzen und nur hier vorkommen. Man nennt sie VOLKMANNsche Kanäle (perforierende Kanäle, Abb. 29). Sie sehen so aus wie ein Nagelloch, welches durch die Jahresringe eines Baumes hindurchgeht und sind daran leicht

zu erkennen. Ihre Öffnungen bedecken als feinste Pünktchen zu Tausenden und Abertausenden die Oberfläche des Knochens. Sie sind die unentbehrlichen Kommunikationen der Gefäße des sehr blutreichen Periosts mit dem Gefäßsystem des Knochens selbst, welches in den Haversschen Kanälen eingeschlossen ist. Diese Gefäße müssen also bei der Bildung der äußeren Generallamellen bestehen bleiben. Kanäle für sie bleiben im Knochen ausgespart.

Es dringen nicht etwa nachträglich Gefäße in die Generallamellen ein; die Gefäße sind vielmehr zuerst da und der Knochen richtet sich nach ihnen. Deshalb ist der Ausdruck „perforierend" rein deskriptiv und nicht genetisch zu verstehen. Ebenso kann die Bezeichnung „Grund"lamellen leicht irre führen; sie bilden keineswegs die Grundlage des Knochens, sondern eine späte Zutat.

Der Name Foramina nutricia für die Öffnungen relativ grober Kanäle, welche bei jedem Röhrenknochen in Ein- oder Zweizahl, also sehr spärlich zu finden sind, ist ebenfalls mißverständlich. Es handelt sich hier keineswegs in erster Linie um Ernährungskanäle für den Knochen selbst, d. h. die Knochensubstanz. Die Vasa nutricia, welche in die genannten Nährlöcher eintreten, stehen vielmehr in Kommunikation mit dem Knochenmark, also dem Inhalt des Knochens, speziell seiner Substantia spongiosa. Sie sind deshalb beim Knochenmark zu besprechen; es wird sich zeigen, daß sie zwar „ernähren", aber nicht den Knochen, sondern — in umgekehrter Richtung — den Körper im ganzen, der durch sie aus dem Knochenmark sehr wichtige Elemente für seine Säfte bezieht (für Blut und Lymphe). Allerdings gibt es zahlreiche Verbindungen zwischen den Gefäßen, welche für die Knochensubstanz und die Marksubstanz bestimmt sind; so gehen z. B. zahlreiche Haverssche Kanäle, welche in der Nachbarschaft eines Foramen nutricium liegen, von diesem und von der ganzen Wandung des Kanales aus, welcher gleichsam die Oberfläche des Knochens nach innen fortsetzt. Auch ist die relative Zahl dieser Gefäße verschwindend gegenüber der Unzahl solcher, welche unmittelbar vom Periost aus mittels der Volkmannschen Kanäle in das Knochengewebe gelangen. Wächst ein Röhrenknochen vorwiegend an einem Ende statt an beiden, so wird dadurch die Richtung des Canalis nutricius beeinflußt (siehe Abb. 160).

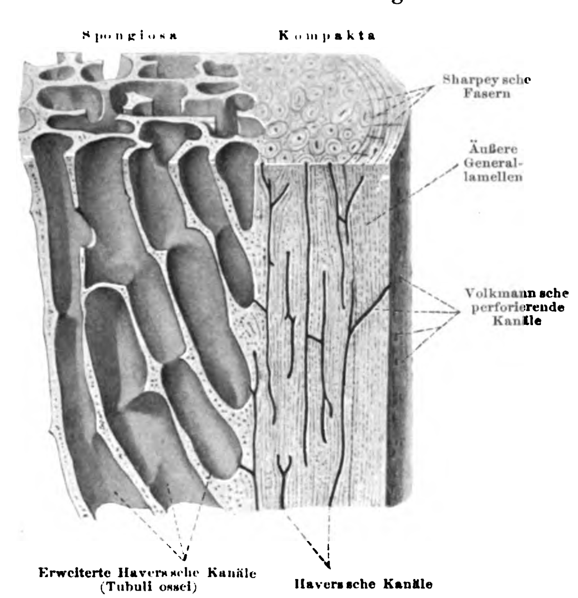


Abb. 28. Stück eines Röhrenknochens, schematisch (aus Toldt, Anat. Atlas 1914, S. 11).

An manchen Stellen unserer Röhrenknochen sind auch innere Generallamellen vorhanden, welche an der inneren Oberfläche der Kompakta verlaufen wie die äußeren Generallamellen an der äußeren (Abb. 23). Bedingung für ihr Vorkommen ist die Existenz einer inneren freiliegenden Fläche der Kompakta. Sie kommen also nur da vor, wo keine Spongiosa existiert, sondern eine wirkliche Markhöhle bis an die Kompakta heranreicht (s. unten, Spongiosa). In solchem Fall können Osteoblasten durchlaufende Lamellen gerade so auf die Innenfläche wie auf die Außenfläche der Kompakta ablagern als eine nachträgliche Zutat zu dem ursprünglichen Aufbau aus Haversschen Säulen.

Wir haben noch eine dritte Bezeichnungsweise von Lamellen der Kompakta zu besprechen, die interstitiellen Lamellen (oder Schaltlamellen).

Man darf mit ihnen nicht solche Lamellen verwechseln, welche zwar vom gewöhnlichen Bild der Speziallamellen sehr verschieden aussehen können, aber doch echte Speziallamellen sind. Diese Art besteht aus nichts anderem als HAVERSschen Lamellen in einer anderen Schnittrichtung als in der Quer- oder Längsrichtung, in welcher wir sie auf typischen Bildern zu sehen gewohnt sind. Man vergegenwärtige sich nach dem körperlichen Schema der Abb. 28, daß die mit Speziallamellen umgürteten Gefäße in der Kompakta nicht nur längs, sondern auch hin und wieder quer oder schräg verlaufen, in Form kurzer Anastomosen zwischen benachbarten HAVERSschen Kanälen. Die Lamellensysteme solcher Quer- und Schrägkanäle müssen im Gesamtquerschnitt durch einen Röhrenknochen natürlich ganz anders getroffen sein als die Lamellensysteme der Längskanäle. Nur letztere sind als konzentrische Ringe sichtbar. Die ersteren sind scheinbar nicht alle zentrisch orientiert, weil eben das Zentrum, der zugehörige Kanal, nicht in den Schnitt hineinfällt, sondern höher oder tiefer liegt (Abb. 29 b).

Auch Generallamellen können zwischen Speziallamellen eingeschaltet liegen und mit echten interstitiellen Lamellen verwechselt werden. Achtet man darauf,

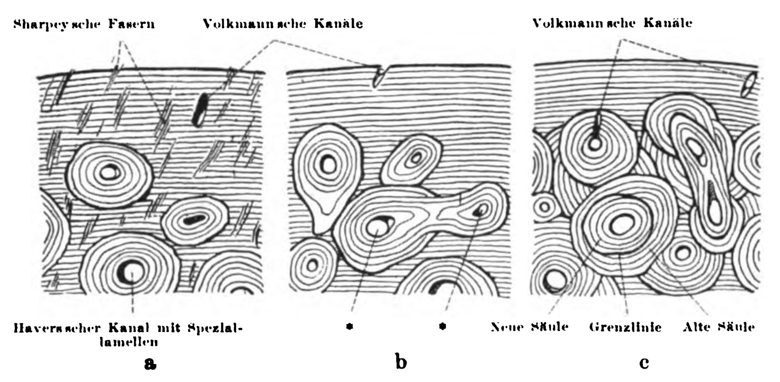


Abb. 29. Scheinbare und echte interstitielle Lamellensysteme in der Substantia compacta. Schema. a) Äußere Generallamellen mit eingeschalteten Haversschen Lamellen. b) Dasselbe. 2 Haverssche Kanäle ** sind außerhalb der Schnittebene durch einen Querkanal verbunden zu denken. c) Echte interstitielle Lamellen.

daß sie der Oberfläche parallel laufen, so wird man sich leicht vor diesem Irrtum schützen (Abb. 29 a, b). Da die Speziallamellen, welche in Generallamellen eingebettet liegen, später als letztere entstehen, und zwar an Stellen, wo zuvor Knochen abgebaut werden muß, um ihnen Platz zu schaffen, so sind sie meistens frei von SHARPEYschen Fasern; die Generallamellen können dagegen reich an solchen sein, da sie in den Bindegewebsfilz des Perichondriums hinein abgeschieden werden.

Die echten interstitiellen Lamellen haben auch etwas mit HAVERSschen Lamellen zu tun, sind aber nicht einfach HAVERSsche Lamellen in einer wenig übersichtlichen Ansicht, sondern sie sind durch wirkliche Metamorphosen aus solchen hervorgegangen und etwas Eigenartiges, Neues. Hier lernen wir im einzelnen die Abbauprozesse kennen, deren Wirkung im großen schon erwähnt wurde. Man sieht nicht selten in Querschnitten von HAVERSschen Säulen eine etwas gezackte glänzende Linie (Grenz- oder Demarkationslinie, Abb. 29 c), welche anzeigt, daß bis hierher die HAVERSsche Säule von innen heraus ausgenagt ist. In den Hohlraum ist eine neue Säule hineingelagert, welche oft nicht schneller wächst, als das alte System Platz für sie frei gibt. Das sind die Fälle, in welchen der Ab- und Neubauprozeß klar zutage liegt. Häufig treten aber Konflikte ein, und zwar sprengt dann die schnell wachsende neue Säule

den Mantelrest der älteren. Die frei gewordenen Sprengstücke füllen die Zwischenräume zwischen den intakten HAVERSschen Säulen aus (Abb. 23, 26, 29 c). So entsteht eine mechanisch höchst wichtige Füllmasse (Breccie), welche die HAVERSschen Säulen der Kompakta vor Bruch sichert. Die echten interstitiellen Lamellen bilden eine „Führung" für die Osteone.

Auflösung von Knochengewebe (Osteoklasten), Entstehung der Substantia spongiosa, Markhöhle

Die Abbauprozesse, deren Tätigkeit die echten Schaltlamellen entstammen, werden gewissen Zellen zugeschrieben, die man Osteoklasten nennt. Es sind große Elemente mit zahlreichen Kernen (Abb. 30), die in Wirklichkeit nicht völlig voneinander getrennt zu sein pflegen, sondern mit feinen Brücken aus Kernsubstanz zusammenhängen. Solche Riesenzellen liegen nicht selten in

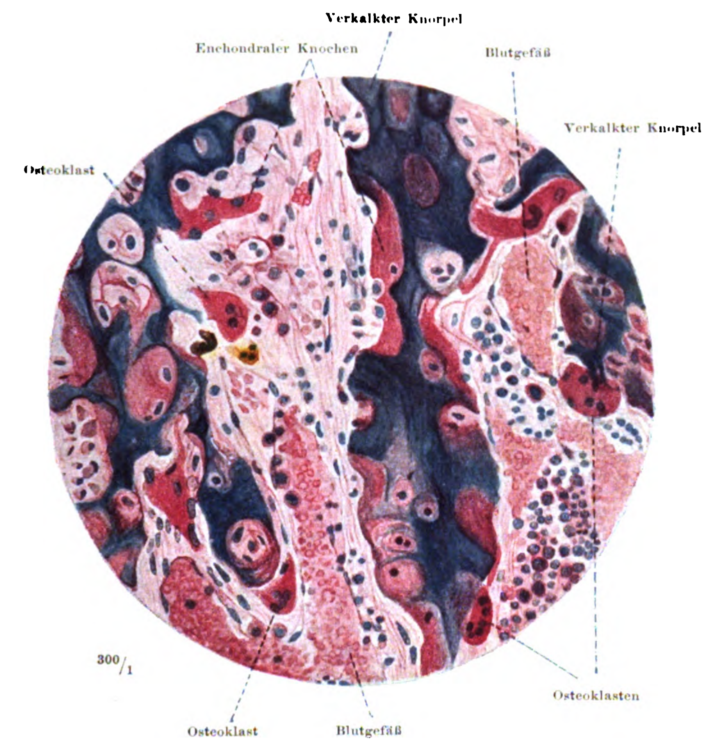


Abb. 30. Enchondrale Verknöcherung mit Osteoklasten (vergrößerte Stelle aus der Zone des Kalkknorpels siehe Abb. 18).

Buchten des Knochens (HOWSHIPsche Lakunen). Aus dieser Situation ist erschlossen worden, daß sie es sind, welche durch einen uns noch unbekannten Chemismus den Knochen aufzulösen, gleichsam auszunagen vermögen. Manche schreiben auch den Untergang des Kalkknorpels der Tätigkeit von Osteoklasten zu. Daß Knochen und andere Hartgebilde niederer Organismen tatsächlich durch Zellen aufgelöst werden können, wissen wir aus dem gelegentlichen Vorkommen bestimmter Pilzarten, deren Zellen Stoffe absondern, welche zweifellos aktiv die mineralischen Substanzen zerstören.

Wir wenden uns jetzt der Detailbetrachtung der Substantia spongiosa zu und lernen hier ein viel ausgedehnteres Feld der Tätigkeit der Osteoklasten als in der Substantia compacta der Röhrenknochen kennen. Freilich gilt dies nur für die Kompakta des fertigen Röhrenknochens. Wir dürfen nicht ver-

gessen, daß die Spongiosa einst aus Kompakta entstanden ist; denn in dem Maß wie der fötale Knochen wächst, wird andauernd Kompakta vom Periost aus außen auf ihn abgelagert und die bisherige Kompakta innen aufgelöst. Dies besorgen die Osteoklasten. Am unverhülltesten ist ihre Tätigkeit, wo überhaupt kein Knochen mehr übrig ist, z. B. in den lufthaltigen Hohlräumen der Vogelknochen. Meist bleiben aber feine Knochenrarifikationen übrig, welche nötig sind, um das Knochenmark zu stützen, so daß die empfindlichen Elemente dieses zarten Gewebes sich für die Blutbildung betätigen können. Es sei hier bereits hervorgehoben, daß dies für das eigentliche blutbildende „rote" Knochenmark gilt. Das „gelbe" und „weiße" (oder „gelatinöse") Knochenmark sind Umwandlungen in Fett und Altersreste dieser Substanz, die weniger empfindlich sind gegen Erschütterungen und deshalb Hand in Hand gehen mit völliger Auflösung der Spongiosa in eine wirkliche Markhöhle (Abb. 188, 224).

Diese ist bei den einzelnen Individuen sehr verschieden groß. Das Alter spielt dabei eine Rolle. Maßgebend ist natürlich eine schonende Konservierung des Knochens bei der Präparation; große Markhöhlen sind sehr häufig nur Folgen roher Manipulationen bei der Technik des Mazerierens und Aufsägens. Insbesondere kann unmöglich durch Ausfüllung mazerierter Knochen mit Metall oder dgl. ein der Natur entsprechender Kernguß der Knochenhöhle gewonnen werden. Denn die feinsten Knochenbestandteile der Spongiosa sitzen in dem Ausguß darin und dieser erscheint deshalb viel größer, als die Höhle war.

In der Spongiosa der Diaphyse großer Röhrenknochen bleibt gerade soviel Knochen stehen als für die feinen Verstrebungen nötig ist, deren das rote Knochenmark als Stütze bedarf. Es ist wenig wahrscheinlich, daß diese Knochenelemente bei der Dicke der Kompakta (Kortikalis) für die Stützfunktion des Knochens als Bestandteil des Bewegungsapparates Bedeutung haben. Anders ist das in den kleinen Knochen und in den oft schwammig gebauten Epiphysen größerer Knochen, denen eine dickere kompakte Rindenschicht fehlt. In diesen Knochen wirken die Spongiosastrukturen auch als Stütze des ganzen Elementes, nicht nur für seinen Einschluß, das Knochenmark. Nirgends tritt so klar wie in der Spongiosa das eigentliche Prinzip einer „funktionellen Struktur" zutage, von der wir uns in Wirklichkeit unseren ganzen Körper in allen seinen Teilen beherrscht vorstellen müssen, wenn wir es auch zur Zeit nicht überall mit der gleichen Deutlichkeit nachweisen können wie hier.

Tubulus osseus, Lamella statica der Spongiosa

Ein einfaches Mittel, an Masse zu sparen und möglichst wenig an Festigkeit zu verlieren (Minimum-Maximum-Konstruktion), besteht in der Erweiterung der Lumina von HAVERSschen Säulen. Ihre Wandung wird entsprechend verdünnt. Man nennt solche Elemente Knochenröhrchen, Tubuli ossei, weil bei ihnen gerade der Hohlraum besonders hervortritt (Abb. 28, 23, 24 c), während innerhalb der Kompakta die Wandung der Elemente das charakteristische Merkmal ist und den Namen HAVERSsche „Säule" rechtfertigt. Die Tubuli ossei der Spongiosa sind die einfachsten Modifikationen der Osteone, die hier wesentliche Einbußen an Substanz, nicht an Form erleiden. Sie legen sich entwicklungsgeschichtlich zuerst an. Doch ist bereits in dieser Veränderung der Spongiosa der erste Schritt für den wesentlicheren Formwechsel eingeschlossen. Denn je dünner die Wandungen der Tubuli ossei und je weniger zahlreich infolgedessen ihre Speziallamellen werden, um so mehr tritt die Füllmasse zwischen den Röhrchen, also das System der echten interstitiellen Lamellen, in den Vordergrund. Beide Arten von Lamellen verschmelzen zu einheitlichen Zwischenwänden zwischen den weiten Längsröhren. Die Wände muß man sich vorstellen wie Bretter (Knochenplättchen, Abb. 31), deren Flächen senkrecht stehen, d. h. in alle durch die Längsachse des Knochens möglichen Ebenen fallen können. Ein Brett, z. B. eine Tischplatte, ist dann am widerstandsfähigsten, wenn Zug- oder Druckkräfte nicht gegen die



Fläche wirken, sondern gegen die Kante. Mit einem Gewicht, mit welchem man auf die Fläche der Tischplatte drückt, hat man nur den Widerstand zu überwinden, welchen die Dicke der Platte ausübt; mit einem Gewicht dagegen, welches die Tischplatte über ihre Längskante zu biegen sucht, begegnet man dem gleichen Widerstand wie bei dem Versuch, einen ganzen Baumstamm durchzubiegen, dessen Durchmesser der Breite der Tischplatte gleich ist. Man kann dies, um bei diesem Beispiel zu bleiben, auch so ausdrücken: schneidet man aus einem Baumstamm eine möglichst große Tischplatte heraus, so verliert diese an Widerstandskraft gegenüber dem Baumstamm nichts für alle Beanspruchungen in der Richtung ihrer Fläche; sie verliert dagegen das meiste bei Beanspruchungen senkrecht zur Fläche. Auf den Knochen übertragen heißt das: diejenigen Zwischenwände zwischen den Längskanälen der Spongiosa (Bretter) sind die widerstandsfähigsten, welche mit ihrer Fläche in die Ebene einer Beanspruchung fallen (auf Biegung, Zug, Druck usw.). Beansprucht eine Kraft einen Knochen nur in einer Richtung (Pfeil Abb. 32, a), so schonen die Osteoklasten diejenigen Zwischenwände, deren Ebenen in dieser Beanspruchungsrichtung liegen. Deren wird es bei den unzähligen Zwischenwänden immer eine große Zahl geben. Alle anders gerichteten Wände werden von ihnen zerstört. So kommt die Lamella statica (Abb. 31) zustande, ein minimales Knochenplättchen, welches durch die aufbauende Tätigkeit von Osteoblasten verstärkt, geglättet und vor allem mit gleich gerichteten Plättchen der gleichen Art verkittet wird. Das Endresultat bei einem einseitig beanspruchten Knochen ist ein mit bloßem Auge leicht sichtbares System von platten Bälkchen in der Spongiosa, welche aus der Aneinanderreihung von unzähligen, winzigen Lamellae staticae entstanden sind.

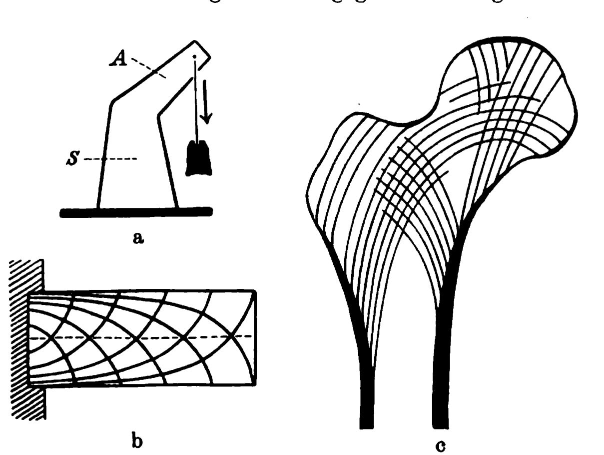
Knochenplättchen (Lamella statica) Trabecula ossea
Haversscher Kanal in Haversscher Säule
Erweiterte Querverbindungen
Mündung eines Haversschen Kanals der Kompakta in den erweiterten Kanal der Spongiosa

Abb. 31. Lamella statica und Trabecula ossea, Schema. Ein Stück der Abb. 28 vergrößert und weiter ausgeführt.

Die gröbere Architektur der Spongiosa, Zug- und Drucktrajektorien

Wir rechnen den gröberen Aufbau des Knochens bereits zu seiner Architektur. Die Architektur ist die aus den Strukturelementen hervorgehende Form im einzelnen und ganzen. Die Linien, welchen die Bälkchen folgen, entsprechen aufs Genaueste den Kraftlinien oder Trajektorien, welche für das betreffende Skelettstück ausgerechnet werden können. Nirgends ist so deutlich wie hier, daß die Struktur wie bei einem technischen Kunstwerk in die Beanspruchung „hineingerechnet“ ist, um mit dem geringsten Materialaufwand die höchste Leistung zu vollziehen. Das gleiche sehen wir vom Techniker etwa bei einer modernen Eisenbahnbrücke oder einem Turm (Eiffelturm) angewendet, bei welchen ein Spinnengewebe von Eisenstreben widerstandsfähiger ist als gröbere und deshalb schwerere Konstruktionen; das Material wird nur verwendet, wo die Beanspruchung es erfordert, und überall sonst gespart.

Historisch ist gleich bei der Auffindung der funktionellen Knochenarchitektur (durch G. H. v. MEYER in Zürich 1867) die Parallelität zwischen menschlicher Technik und Naturgeschehen sehr anschaulich illustriert worden. CULMANN, der Begründer der graphischen Statik und der Lehrer des Erbauers des Eiffelturmes, ließ, sobald er die Befunde v. MEYERS kennen lernte, in seinem Bureau von ganz unbeteiligter Seite bestimmen, wie rein rechnerisch die Kraftlinien in einem Kranen von der Form des menschlichen Femurhalses verlaufen müssen. Da unser Rumpf auf den beiden Femurköpfen ruht (Abb. 1b), welche einem jeden Femur mit dem Hals schräg oder quer zum Schaft eingepflanzt sind, so ist der Knochen gerade so beansprucht wie ein Schiffskran, der eine Last entsprechend der halben Rumpflast zu tragen hat (Abb. 32a und c). Das Beispiel läßt sich vereinfachen, wenn man sich statt des Arms des Krans A, der auf der Säule S montiert ist, einen Balken denkt, welcher mit einem Ende in einer Mauer schräg oder quer eingemauert und nur an dem freien Ende belastet ist (Abb. 32b). Die Zugbeanspruchungen in einem solchen Balken verlaufen in Kurven, welche nach oben konkav gebogen sind, die Druckbeanspruchungen in entgegengesetzt gebogenen Kurven. Das Material zwischen diesen Linien (Trajektorien) ist nicht beansprucht und deshalb überflüssig. Man kann es deshalb unbeschadet der Festigkeit einer Konstruktion weglassen. Die Widerstandskraft wird im Gegenteil erhöht sein, weil die Abscherung der Teile gegeneinander größtenteils wegfällt. Zug- und Druck-



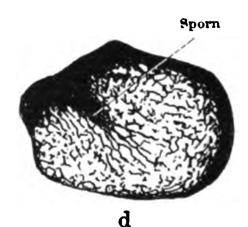


Abb. 32. Minimum-Maximum-Konstruktionen. a) Kran von der Form des menschlichen Oberschenkelhalses (Femur). b) Eingemauerter Balken mit Trajektorien (nach H. v. Meyer). c) Menschliches Femur (nach demselben). Kortikalis schwarz. d) Querschnitt durch den Hals des menschlichen Femur (rechts, von distal aus gesehen) nach Quains Anatomy.

trajektorien schneiden sich unter rechtem Winkel; da wo die Linien am engsten beisammen liegen, ist die Beanspruchung am stärksten und umgekehrt. Für den Kran erzielte die rein theoretische Berechnung CULMANNS genau den gleichen Verlauf der Zug- und Druckkurven, welche das menschliche Femur tatsächlich in seiner Spongiosa aufweist (Abb. 32c). Man kann diese Strukturen auf Sägeschnitten durch den Knochen studieren (Abb. 260); neuerdings hat man sie auch in Aufhellungspräparaten im Inneren des Knochens, also dreidimensional, und sogar im Röntgenbild beim Lebenden sichtbar gemacht.

Allerdings ist beim Femurhals die Beanspruchung keineswegs rein einseitig, da das Becken die verschiedensten Stellungen zu dem einzelnen Femur einzunehmen vermag. Dies kommt bei der Kompakta zum Ausdruck, die in gleicher Dicke allseitig — nicht etwa nur zweiseitig, medial und lateral — angeordnet und damit allen Aufgaben des Bewegungsapparates gewachsen ist. Die Spongiosa dagegen ist wesentlich auf die Hauptbeanspruchung des Knochens durch die statische Belastung eingerichtet, die in einer Ebene erfolgt, und genügt so ihrer Spezialaufgabe, ein stabiles Gerüst für das Knochenmark zu bilden. Beide Aufgaben decken sich nicht, wie hier deutlich am Gradmesser der funktionellen Struktur abzulesen ist. Da wo die Kompakta am stärksten beansprucht ist, dringt sie als Sporn in die Spongiosa vor (MERKELscher Sporn, Abb. 32d).

Alle Knochen haben mehr oder minder deutlich erkennbare Spongiosastrukturen, deren Bälkchen jeweils den Beanspruchungen des Knochens entsprechen. Je einseitiger die Beanspruchungen sind, um so einfacher sind die Kurven und um so leichter sind sie zu verstehen (z. B. an den Enden der Tibia, im Talus u. dgl.). Manchmal laufen die Kurven durch mehrere Knochen, wenn diese durch Bänder

zu einer funktionellen Einheit verbunden sind wie beim Fußgewölbe (Basis der Metatarsalia).

Die Berechnung des Mathematikers gilt nur für homogene und nicht für ahomogene Körper wie den Knochen. Dies ist von technischer Seite gegen die Berechnung CULMANNS eingewendet worden. Es würde sie nur dann treffen, wenn man wirkliche Identität beider Prozesse im streng mechanischen Sinn annehmen wollte. Das wäre ganz unrichtig, denn ein Material der Technik wird als toter Körper durch Beanspruchung abgenutzt; es verändert sich höchstens zweckwidrig. Der Knochen zeigt derartiges bei Überbeanspruchung auch, ist aber daneben als lebendes Organ imstande, sich durch den Gebrauch zweckmäßig zu verändern und zu verstärken, je mehr er innerhalb gewisser Grenzen benutzt wird, wie alles Organische. Die technische Konstruktion wird also mit Bezug auf den Knochen nur bildhaft gebraucht, indem der Mensch durch Bearbeitung im Groben Werke wie Kranen, Brücken usw. aus einem Material nachschaffen kann, welche von der Natur durch ihre biologische Tätigkeit in der Spongiosaarchitektur im kleinsten Maßstab aus ganz anderem Stoff längst vorgebildet waren. Man hat festgestellt, daß die Festigkeiten des Knochens als Material sogar direkt mit derjenigen des Eisens vergleichbar ist (der Festigkeitsmodul auf Zug kommt dem Gußeisen nahe, der Festigkeitsmodul auf Druck ist mehr als halb so groß als beim Schmiedeeisen). Was dem Knochen gegenüber dem Eisen fehlt, die relative Elastizität, wird ausgeglichen durch die Bandverbindungen und andere Schutzeinrichtungen der Knochen.

Trabecula ossea und Pila ossea der Spongiosa

Außer der Lamella statica gibt es noch andere Strukturelemente der Spongiosa, welche aus dem Knochensäulchen (Osteon) und -röhrchen durch Resorption nicht geeigneter Partien und durch Verstärkung der geeigneten Stellen entstehen. So kennt man Trabeculae osseae, d. h. solide Säulen oder Träger, die aus Zwickeln zwischen drei oder mehr Lumina hervorgehen (Abb. 31) und ebenso wie Eisenträger der Technik sehr verschiedene Querschnitte haben können (einfache und doppelte T-Träger und dgl., Abb. 24c). Sie besitzen besondere Widerstandskraft gegen torquierende und scherende Kräfte. An den Gelenkenden der Knochen spielen eine große Rolle die Hohlkugeln, Pilae osseae, die aus hirtenstabähnlichen Umbiegungen der Tubuli ossei hervorgehen. Die Umbiegungsstelle schließt sich gegen die beiden Längsschenkel ab und ist als Hohlkörper von ovaler oder genau kugeliger Form besonders elastisch. Wirklich abgeschlossene Kugeln sind selten, meist bleibt es bei perlschnurartigen Einkerbungen. Solche Elemente fangen plötzliche Stöße auf die Gelenkflächen — wie beim Springen und dgl. — ab (Dämpfung), indem die Wirkung gleichmäßig nach allen Richtungen verteilt und dadurch abgeschwächt wird, während bei einseitiger Weiterleitung in der Richtung des Stoßes leichter Hartteile zertrümmert würden.

Gesamtarchitektur des Knochens (funktionelle Form im ganzen), Vererbungs- u. Bildungsfaktoren

Die enge Wechselwirkung zwischen Milieu und Struktur tritt nicht nur allenthalben in der Kompakta und Spongiosa des Knochens, sondern auch an vielen Stellen seiner Gesamtarchitektur hervor. Wir sahen, daß sich die Linien, in welchen die Hauptbeanspruchung des Materials stattfindet, bei einem eingemauerten Balken an der Einmauerungsstelle am stärksten nähern (Abb. 32b). Hier liegt der „gefährliche Querschnitt", in welchem die Spannungen bei Belastung den höchsten Grad erreichen. Verstärkt man diese Stelle und läßt den Balken nach dem freien Ende spitz zulaufen, so erhält man einen konischen Körper von gleicher Biegungsfestigkeit in allen seinen Querschnitten, der wegen der Materialersparnis widerstandsfähiger ist als wenn er überall jenen größten Querschnitt der Einmauerungsstelle besäße. Viele Vorsprünge des Knochens, insbesondere diejenigen, welche Muskeln zum Ansatz dienen und die Hebelwirkung der Motoren wesentlich verstärken (Muskelapophysen), sind aus diesem Grund konisch gestaltet.

Ganz besonders einleuchtend ist die Abhängigkeit des Knochens von seiner Umgebung bei allen Umgestaltungen, welche bei Verletzungen und Deformierungen nötig fallen. Die Spongiosaarchitektur nimmt innerhalb der Bruch-



stelle eines Knochens die Form an, welche den veränderten mechanischen Bedingungen entspricht. Noch deutlicher ist die Plastizität des Knochens bei Veränderungen, die nicht den Knochen direkt, sondern das Glied im ganzen betreffen, welchem er angehört. So kann die Lähmung von einzelnen Muskeln ganz andere Belastungsverhältnisse für den Knochen zur Folge haben wie in der Norm. Die Kompakta schwindet dann an der weniger beanspruchten Seite des Knochens und verstärkt sich an der Stelle, welche von den erhalten gebliebenen Muskeln erhöhter Beanspruchung ausgesetzt ist. In gekrümmten und verbogenen Gliedern verdickt sich die Kompakta des Knochens, wie im Röntgenbild zu sehen ist, sukzessive an der konkaven, stärker belasteten Seite; auch die Spongiosaarchitektur formt sich entsprechend um. Überall ist in solchen Fällen der physikalisch so harte Knochen — biologisch betrachtet — eine wachsweiche, formbare Masse, welche den modellierenden Impulsen der Umgebung aufs Genaueste folgt. Die „Zweckmäßigkeit" des Geschehens wird dadurch häufig in ihr Gegenteil verkehrt. Denn sie ist eine blindwaltende, soweit der Organismus als Ganzes in Frage kommt. Krumm gewordene oder sonstwie deformierte Knochen werden beispielsweise so stabilisiert, daß eine Rückverwandlung zur Norm immer schwieriger wird, solange die Bedingungen andauern, welche den Anlaß zur Deformität gaben. Dies haben sich die Orthopäden zunutze gemacht. Denn der Arzt braucht nur künstliche Bedingungen zu schaffen, welche den Knochen in ein der Norm entsprechendes Milieu versetzen (z. B. mittels Ersatz gelähmter Muskeln durch funktionierende: Muskel- und Nerventransplantationen), so richtet sich der Knochen kraft seiner biologischen Plastizität wiederum selbst zurecht und nähert sich der Norm, soweit es die Begleitumstände gestatten (funktionelle Orthopädie). Diese und ähnliche Verwendungen der theoretischen Erkenntnisse für die Praxis haben zu ungeahnten Erfolgen der Heilkunde geführt, die unerreichbar waren in der vorhergehenden Periode, da man durch ungeeignete Gipsverbände und Bandagen gerade die Heilfaktoren des Körpers selbst, die Milieueinwirkungen, ausschaltete oder hemmte.

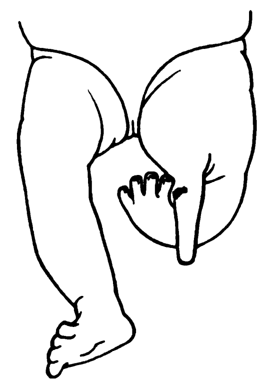


Abb. 33. Kind von 4 Wochen; das rechte Schienbein ist vom übrigen Unterschenkel isoliert und steckt in einem besonderen, mit Haut überzogenen Zapfen. Der Fuß hängt am Wadenbein, ist um den Zapfen herumgebogen (4 zehig). (Nach Keck, Morph. Jahrbuch, Bd. 48, Taf. III.)

Gleichwohl ist die Knochenarchitektur im gewöhnlichen Gang der Dinge nur teilweise individuell erworben. Das meiste erhält der menschliche Embryo durch Vererbung mit auf den Weg. Man findet die feinere Spongiosaarchitektur bereits im wesentlichen vorgebildet, wenn an eine Belastung der Knochen nach Art des definitiven Gebrauchs noch nicht zu denken ist. Für die gröbere Form geben gewisse Entwicklungsanomalien den besten Einblick in die Abgrenzung der Kompetenzen zwischen Vererbungsgeschehen und Gewinn des Individuums durch eigenen Erwerb. Es kommt bei menschlichen Embryonen vor, daß durch eine Spaltung der unteren Extremität, deren Ursache unbekannt ist, beide Unterschenkelknochen voneinander getrennt werden (Abb. 33). Dabei hat sich gezeigt, daß die Muskelanlagen nur bei einem Knochen (der Fibula) liegen, weil sie sich offenbar an dieser Seite bilden und durch den Spalt wie durch einen künstlich gesetzten Schnitt verhindert werden, den anderen Knochen (Tibia) zu erreichen. Dieses Naturexperiment liefert einen Knochen, dem die übliche Umgebung von Muskeln fehlt, obgleich diese Muskeln alle — nur an anderer Stelle als in der Norm — vorhanden sind. Auch kann der Knochen, weil er vom Fuß losgetrennt ist, nicht als Stütze benutzt werden. Trotzdem hat er im allgemeinen die ihm zukommende Form. Diese ist also nicht durch die Umgebung, speziell die Muskeln diktiert, sondern erblich überkommen. Nur die feinere Skulpturierung ist nicht oder noch nicht vorhanden. Wir wissen aus anderen Beobachtungen (individuelle Schwankung), daß letztere in den Details

von Fall zu Fall erworben wird. Hier und auch bei den unten zu besprechenden Gelenken ist unbestreitbar der historische Entwicklungsgang der, daß in Abhängigkeit vom Milieu entstandene Strukturen und Formungen, also einst erworbene Eigenschaften erblich wurden und in einer, im einzelnen noch nicht aufgeklärten Weise auf die folgenden Generationen übertragen worden sind. Das Wesentliche bleibt, daß daneben unser Organismus auch heute noch die Reaktionsfähigkeit der Knochen auf äußere Einflüsse besitzt und das Erbgut korrigierend und umgestaltend modeln kann, wie es der jeweilige Gebrauch oder abnorme Ereignisse verlangen.

Die Träger dieser Fähigkeit sind die Zellen. Osteoblasten und Osteoklasten haben die Reizbarkeit (Irritabilität), welche auf Einflüsse von außen — Gebrauch und Nichtgebrauch — durch entsprechende Tätigkeit zu reagieren erlaubt. Sie gehört zu den Grundeigenschaften des Protoplasmas. Im Knochen bauen die Osteoblasten an Stellen, welche durch die Benutzung gereizt werden, auf, während die Osteoklasten andere durch Nichtbenutzung stigmatisierte Partien abbauen. Auch das „blinde" Walten dieser Kräfte, welches für die Irritabilität des Protoplasmas generell gilt, finden wir beim Knochen wieder, z. B. bei der Konsolidierung fehlerhafter Knochen (S. 56). Es ließe sich also ein Schema einer rein mechanischen Steuerung aufstellen (wie dies auch geschehen ist), welche die Bildung der Knochen im groben und feinen kraft dieser Eigenschaft ihrer Zellen so leitet, wie es die Beanspruchung ergibt. Eigentümlicherweise reagieren aber anscheinend die gleichen Osteoblasten und Osteoklasten ganz anders, wenn Druckkräfte nicht die Gelenkenden der Knochen treffen (wie es die Belastungen beim Stehen und Gehen tun), sondern wenn sie auf die periostale Knochenoberfläche des Schaftes einwirken. Im letzteren Fall wirken sie abbauend, also gerade umgekehrt wie im ersteren, wo sie doch den Reiz zum Aufbau geben. So kommt es, daß in pathologischen Fällen selbst geringe Druckeinwirkungen wie die minimale Bewegung von Venenwänden, die sich Knochen anlegen, den Knochen angreifen, usurieren — ganz zu schweigen von den Pulsationswirkungen der Arterien, etwa eines Aortenaneurysma auf das Brustbein. Für die Architektur des normalen Knochens ist dies Verhalten von Bedeutung, weil benachbarte Gefäß- oder Nervenstämme und Muskelbäuche auf diese Weise häufig Rinnen, Einkerbungen oder selbst Kanäle erzielt haben, in welchen sie eingebettet und geschützt liegen. Meist sind auch diese Dinge ganz oder partiell durch Vererbung fixiert. Sie spielen für die Skulptur der Knochen eine große Rolle, wie sich bei der Besprechung der einzelnen Knochen zeigen wird. Der Zug der Muskeln, den wir bei der Entstehung der konischen Apophysen wirksam sahen (S. 55), löst beim periostbekleideten Knochen ein ganz anderes Bildungsprinzip aus, das mit entgegengesetzten Vorzeichen arbeitet, wie der Druck der nächsten Umgebung: in einem Fall Aufbau, im anderen Fall Abbau von Knochensubstanz. Das Rätsel liegt in den biologischen Eigenschaften des Zellprotoplasmas, auf welches alle Erscheinungen zurückgeführt werden können, so daß an Stelle der vielen Unbekannten die eine tritt. Daß diese elektive Eigenschaft uns unbekannt ist und damit auch der letzte Grund der Zweckmäßigkeit des Knochens, lehrt die Anatomie dieser Organe gerade so eindringlich, wie sie die Zweckmäßigkeit als Tatsache außer Zweifel stellt (vgl. S. 48).

Die Knochenhaut (Periost) besteht aus zwei Schichten, einer äußeren derben Schutzhaut und einer inneren zarten Verbindungshaut (Abb. 19, 20). Zahlreiche feine Blutgefäße und SHARPEYsche Fasern dringen aus letzterer in die Kompakta des Knochens ein. Da wo Sehnen am Knochen befestigt sind, ist die Zahl der eindringenden Blutgefäße gering. Die Ansatzflächen sind deshalb glatt. Sie sind besonders an mazerierten Knochen daran kenntlich. Die nicht von Sehnen- und Bandansätzen bedeckten Knochenpartien sehen dagegen am mazerierten Knochen porös aus, weil die Weichteile entfernt und die Lumina der Gefäßkanäle leer sind. Die Blutgefäße und sensiblen Nerven des Periosts liegen oberflächlich. Die Schmerzhaftigkeit von Stößen gegen den Knochen ist bekannt (Schienbeinkante) und so groß, daß bei gewissen Gefechtskniffen der Gegner dadurch im Nahkampf unschädlich zu machen ist (DSCHIU-DSCHITSU u. a.). Die Knochenhaut ist verschieden dick, je nachdem Muskeln sich an ihr anheften oder nicht. Oft sind Muskelapophysen ganz erheblich durch sie verdickt; die Knochen haben ein viel ausgesprocheneres Relief, solange die Knochenhaut nicht entfernt ist. Sie läßt sich abschaben; sie fehlt beim mazerierten Knochen. Deshalb sind kleinere Vorsprünge, die im lebenden Körper tast- Periost



bar sind, am montierten Skelett oft kaum zu sehen. Nur die knorpeligen Gelenkflächen sind frei von Periost.

2. Knochenverbindungen, Gelenke (allgemeine Bänder- und Gelenklehre).

Synarthrosen, Diarthrosen, Periarthrosen

Die Knochenverbindungen (Junkturen) knüpfen entweder an den indifferenten Zustand an, in welchem Bindegewebe die Skeletteile zusammenhält, oder an die höhere Stufe mit einer Gelenkspalte innerhalb der Verbindungsstelle (Abb. 11). Die kompakte Art der Junktur heißt *Synarthrose*, die gehöhlte *Diarthrose*.

Es gibt bei Fischen und Amphibien zahlreiche Zwischenformen, bei welchen eine kompakte Füllmasse nur Spalten von beschränkter Ausdehnung besitzt: *Periarthrose*. Sie kommt auch beim Menschen vor (Symphyse des Beckens). Häufiger ist bei ihm eine bestimmte Partie des Füllgewebes zu besonderen Einschaltungen in die Gelenkhöhle entwickelt: Zwischenscheibe. Die Gelenkhöhle ist dann komplett oder inkomplett gekammert; im ersteren Fall spricht man von einem *Diskus*, im letzteren von einem *Meniscus interarticularis* (Abb. 11c). Zwei selbstständige Gelenkspalten, wenn sie einander sehr nahe liegen und wenn die dazwischen liegende Knochenreihe keine eigenen Muskelansätze hat, funktionieren wie beim gekammerten Gelenk als *ein* Ganzes (siehe Handgelenk, Karpalreihen). Die zwischenständige Knochenreihe wird wie ein Meniskus passiv mitbewegt.

Synarthrosen werden je nach der geweblichen Beschaffenheit des Materiales als *Syndesmosen* (ligamentös), *Synchondrosen* (knorpelig) oder *Synostosen* (knöchern) bezeichnet. Die Größe der Beweglichkeit hängt außer vom Material von der Dicke des zwischen die Knochenenden eingeschalteten Gewebskissens ab; die Synostose ist natürlich unbeweglich.

Diarthrosen haben eine *Gelenkspalte* von sehr verschiedener Ausdehnung. Sie liegt immer innerhalb von Knorpel oder von Knorpelderivaten. Die Verschiedenheiten werden bei den einzelnen Gelenken behandelt. Eine Höhle (Cavum) ist nur potentia vorhanden; es kann bei abnormen Flüssigkeitsansammlungen aus der kapillaren Spalte jederzeit eine Höhlung *werden*, die mit dem verursachenden Material gefüllt ist (seröser Erguß, Blut, Eiter). Normalerweise benetzt die Gelenkschmiere, *Synovia*, nur mit wenigen Tropfen den Knorpelüberzug der Knochenenden. Der Luftdruck, der mit einem Gewicht von einem Kilogramm pro Quadratzentimeter wirkt, und die umgebenden Weichteile (Muskeltonus) erzwingen das feste Aufeinanderpassen der Gelenkflächen. Kleine Inkongruenzen werden von Synovia ausgefüllt. Dies ist eine klare, gelbliche, zähe Schmiere aus muzinhaltigem Material, welche aus den Gefäßen der Kapsel ihren Flüssigkeitsgehalt und aus Abblätterungen der Kapselintima manche Einschlüsse bezieht (Zellreste, abgerissene Zotten, Fettkörnchen, siehe unten). Der *Knorpelüberzug* der artikulierenden Flächen ist nur 0,2—0,5 mm dick, selten dicker und bei Bewegungen in den Gelenken stark deformierbar (siehe unten: Gelenkformen).

Gelenkkapsel und deren Derivate

Eine Abgrenzung der Knochenverbindung nach außen ist sowohl bei Syn- wie bei Diarthrosen vorhanden (Abb. 11). Nur bei letzteren wird sie zur selbständigen *Gelenkkapsel*, *Capsula articularis*, und geht als solche viele Modifikationen ein. Die Außenfläche ist derb und hat oft besondere Verstärkungszüge, *Ligamenta accessoria*, die als Haften in den Hauptbeanspruchungsrichtungen hemmend oder führend wirken. Die Innenfläche ist durch Umwandlung der Bindegewebsbündel und -zellen in ein Gefüge aus Plattenepithel und platten Fasern geglättet (man nennt diese Schicht, die nicht selbständig ist, Gelenkinnenhaut, *Intima*); eine ähnliche Erscheinung ist bei der innersten Schicht des Knorpels zu bemerken, dessen Zellen ganz dünn und platt aussehen. Die Intima hat oft besondere Fortsätze, welche gefäßreich und zur Absonderung von Synovialflüssigkeit dienlich sein können (*Plicae*

vasculosae, Villi synoviales) oder Fett enthalten (Plicae adiposae), um den Schluß der Gelenkflächen zu vervollständigen an Stellen. wo diese nicht genau miteinander korrespondieren.

Abnorm vergrößerte Anhänge der Intima, die gestielt oder auch frei im Gelenk liegen können, bilden fibröse, lipomatöse oder knorpelige „Gelenkmäuse" (Corpora libera). In schwereren pathologischen Fällen erweist die Intima, welche ursprünglich nichts anderes als Perichondrium ist (Abb. 11 b), ihre latente Fähigkeit, Knorpel zu erzeugen, in ganz besonderem Maße. Es entstehen mächtige Knorpelwucherungen in der Kapsel (Chondromatose). Man findet auch Gelenkmäuse, die nicht auf Neubildung beruhen, sondern aus Loslösungen von Knorpel- oder Knochenfragmenten der Nachbarknochen entstehen. Gerade kleine Gelenkmäuse von derber fibröser oder knöcherner Konsistenz können, wenn sie plötzlich eingeklemmt werden, lebhafteste Schmerzen bis zu Ohnmachtsanfällen erzeugen (Maussymptom).

Die Form der Gelenkflächen ist je nach den verschiedenen Gelenken sehr wechselnd. Viele können als Ausschnitte einer Ebene, einer Kugel-, Zylinderfläche, eines Ellipsoids u. dgl. betrachtet werden. Man unterscheidet Gelenkkopf und Gelenkpfanne. Die Form einer Kugel, eines Zylinders u. dgl. ist selten mathematisch genau. Deshalb korrespondieren Kopf und Pfanne nicht immer miteinander. Bei Synarthrosen kommen spezifische Gelenkformen eben- (Form der Gelenkflächen (Ebene, Kugel, Zylinder, Ei Sattel))

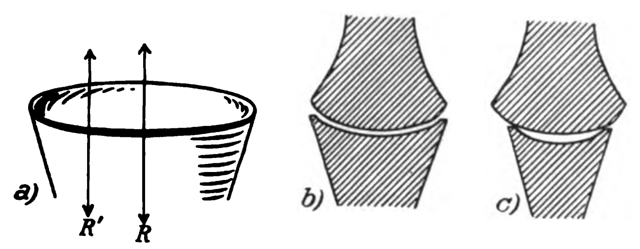


Abb. 34. Schema eines Eigelenkes. Der Kopf sieht nach unten, die Pfanne nach oben (umgekehrt wie etwa beim herabhängenden Arm im Radiokarpalgelenk). a) Pfanne. b) Querschnitt der Pfanne durch R. c) Querschnitt der Pfanne durch R'; der in b gezeichnete Querschnitt des Kopfes ist nach R' verschoben.

sogut wie bei Diarthrosen vor. Denn die Form der Gelenke ist bestimmend für die Führung der Bewegung in einer Skelettverbindung und deshalb unabhängig von der Art des Füllgewebes. Letzteres ist dagegen von Einfluß auf die Schnelligkeit der Bewegungen. Eine Synarthrose von Kugelform bietet die gleiche Führung, aber einen geringeren Schnelligkeitsgrad der Beweglichkeit als eine Diarthrose von Kugelform.

Bei den Synarthrosen vermag das gesamte Polster zwischen den Knochenflächen, nicht korrespondierende Gelenkflächen zu vereinigen. Bei den Diarthrosen ist kongruentes Gleiten nur in bestimmten Fällen möglich. Oft muß der Gelenkknorpel bei den Bewegungen an nicht korrespondierenden Stellen deformiert werden, um einen Ausschlag zu ermöglichen. Dies gilt z. B. von den meisten Bewegungen in Ei- oder Sattelgelenken. Beim Eigelenk (Ellipsoidgelenk) ist eine Längs- und eine Querachse zu unterscheiden. Nur bei Bewegungen um die Längsachse korrespondieren die gleichen Durchmesser von Gelenkkopf und -pfanne; die Mitte des eiförmigen Kopfes dreht sich wie ein Ei im Eierbecher. Ebensowenig wie man ein Ei anders als um die Längsachse im Eierbecher drehen kann, ebensowenig dürfte sich ein Eigelenk um seine Querachse drehen, wenn es entsprechend hart wäre. In Wirklichkeit haben aber Eigelenke fast die gleiche vielseitige Beweglichkeit wie Kugelgelenke, weil der Knorpel plastisch ist und nachgibt (Radiokarpalgelenk der Hand). Der dickste Teil des Kopfes (großer Durchmesser) wird bei Bewegungen um die Querachse auf den schmalsten Teilen der Pfanne verschoben (kleinerer Durch-

messer, Abb. 34c), behält aber den Kontakt oder wird doch nur unbedeutend abgehebelt. Eine schädigende Beeinflussung durch den verminderten Druck in entstehenden Spalten (Luftleere) ist gewöhnlich vermieden.

Bei dem Sattelgelenk ist die Form der Pfanne einem englischen Reitsattel zu vergleichen (Oberfläche: konkav in der Längsachse des Pferdes, konvex quer zum Pferd). Der Gelenkkopf sitzt darauf, wie der Reiter auf dem Pferd. Wenn eine Achse länger ist wie die anderen, so gilt das gleiche wie für das Ellipsoidgelenk; denn bei jeder Bewegung, welche nicht um die Längsachse geht, treffen Flächen mit verschiedenen Radien aufeinander. Die Beweglichkeit ist trotzdem vielseitig, weil der Knorpel entsprechend nachgibt (Sattelgelenk der Karpometakarpalverbindung des Daumens). Die Gelenkformen für sich allein sind also nicht von so ausschlaggebender Bedeutung für die Bewegungsarten, wie man früher glaubte. Sie sind bei den einzelnen Gelenken von Fall zu Fall im Zusammenhang mit den Einrichtungen der zugehörigen Kapseln und Muskeln zu betrachten, weil die Bewegung dadurch allein verständlich wird.

Bei den einzelnen Gelenken wird auch auf Prinzipielles aus der Statik und Mechanik einzugehen sein. Die Prinzipien im allgemeinen zu behandeln würde hier zu weit führen[1]).

E b e n e Flächen kommen vor bei Schiebe- oder Schlittengelenken. Ein Skelettstück verschiebt sich auf dem anderen in einer Ebene, wie ein Farbenreiber auf der Farbplatte oder wie ein Schlittschuhläufer auf der Eisbahn. Das bewegte Skelettstück ist „flächenläufig", d. h. jeder beliebige Punkt in einer Ebene kann vom distalen Ende des bewegten Knochens in beliebiger Richtung erreicht werden. Man nennt diese Bewegungsebene eine Progressivfläche und spricht von z w e i Graden der „Freiheit" (entsprechend den zwei Dimensionen der Progressivfläche). Ist der Aktionsradius sehr klein oder gleich Null, was von der Länge der Gelenkkapsel abhängt, so nennt man das Gelenk ein straffes (A m p h i a r t h r o s i s).

K u g e l f l ä c h e n kommen vor bei echten Kugelgelenken (A r t h r o d i e, A r t i c u l a t i o s p h a e r i c a) und Nußgelenken (E n a r t h r o s i s). Bei letzteren umfaßt der Kopf mehr als die Hälfte der Kugel (Hüftgelenk), bei ersteren höchstens die Hälfte (Schultergelenk). Die Bewegungsfläche, in welcher das distale Ende des bewegten Knochens verschiebbar ist, ist eine Rotationsfläche, „Bahnkugel" genannt. Es kann in dieser Fläche, deren Radius gleich der Länge des bewegten Knochens oder Knochenkomplexes ist und deren Zentrum im Drehpunkt liegt, innerhalb gewisser Grenzen jeder beliebige Punkt in beliebiger Richtung erreicht werden (Abb. 200). Es würde dies z w e i Graden der Freiheit entsprechen. Es ist aber bei kugeligen und auch bei ebenen Gelenkflächen meistens eine Drehung des bewegten Skelettstückes um seine eigene Achse: R o t a t i o n möglich und zwar in jeder beliebigen Stellung auf der Fläche. In denjenigen Fällen, in welchen sie beim Lebenden nicht stattfindet, ist sie meistens passiv zu erzwingen und nur aktiv unmöglich, weil die dazu nötigen Nervenantriebe für die Muskeln (S. 35; siehe auch Handgelenk) oder diese selbst fehlen. Zusammen mit der Rotation ergeben sich also in der Regel d r e i Grade der Freiheit.

Bei noch ausgiebigerer Beweglichkeit kann das bewegte Skelettstück jeden Punkt im Raume erreichen wie der Vogel in der Luft oder der Schwimmer im Wasser. Man nennt diese Art von Beweglichkeit „raumläufig". Sie kommt durch Kombination von verschiedenen getrennten Gelenken zustande, z. B. bei den Bewegungen der Schulter (Schultergelenk und beide Schlüsselbeingelenke, siehe obere Extremität). Der Bewegungsraum kann größer oder kleiner sein je nach dem Spielraum, welchen die Hemmungseinrichtungen lassen. Immer ist die Grenze durch die letzteren genau festgelegt:

Z y l i n d e r f l ä c h e n finden wir im Winkel- oder Scharniergelenk (G i n g l y m u s) und Zapfen- oder Radgelenk (T r o c h u s, A r t i c u l a t i o t r o c h o i d e s). Beim ersteren steht die Achse der Rolle, um welche die Bewegung erfolgt, senkrecht zur Bewegungsebene (Beugen im Ellenbogen), beim letzteren in der Bewegungsebene selbst (Pronation und Supination des Unterarms). Das Scharnier eines Kastendeckels und

[1]) Siehe O. FISCHER, Theoretische Grundlagen für eine Mechanik der lebenden Körper. 1906. R. FICK, Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. 1904—1911. H. STRASSER, Lehrbuch der Muskel- und Gelenkmechanik. 1908—1917. H. PETERSEN, Bänderkinematik. Abhandl. Heidelberger Akad. d. Wiss. 1918.



der Zapfen einer Türangel sind entsprechende Beispiele der Technik für die verschiedene Anordnung der zylindrischen Gelenkflächen; man nennt sie auch Quer- und Längsscharniere. Beim Ginglymus hat die Rolle oft eine Rinne (Nut), in welche eine vorspringende Kante der Pfanne paßt: Führungsleiste. Ein solches Gelenk ist das beste Beispiel für die Beschränkung der Beweglichkeit auf eine Linie, auf welcher das bewegte Skelettstück allein verschieblich ist wie ein Eisenbahnwagen auf einem Schienenstrang: „linienläufig" (ein Grad der Bewegungsfreiheit). Es ist nicht nötig, daß diese Linie eine Gerade ist, ebensowenig wie bei dem Schienenstrang unseres Beispieles, der auch Kurven beschreibt. Steht die Führungsleiste in einem Scharniergelenk nicht senkrecht zur Achse, so kann eine schraubenförmige Bewegung resultieren: Schraubengelenk. Meist werden kleine Abweichungen dieser Art durch die Plastizität des Knorpels ausgeglichen.

Vom Ei- und Sattelgelenk wurde oben schon erwähnt, daß die Bewegung nicht um eine Achse erfolgt, wie der Form nach zu erwarten wäre, sondern vielseitiger ist, weil im wesentlichen der Knorpel nachgibt. Sie gehören ihrer passiven Beweglichkeit nach zu den Kugelgelenken.

Die echten Kugelgelenke haben vor den Ei- und Sattelgelenken den dritten Grad der Freiheit voraus: in ihnen kann das bewegte Skelettstück in jeder beliebigen Stellung um die eigene Achse rotieren. Das geht den willkürlichen Bewegungen der Ei- und Sattelgelenke beim Lebenden ab. Passiv können Rotationen allerdings auch bei ihnen erzwungen werden (über die Einzelheiten siehe: Handgelenk, Grundgelenke der dreigliederigen Finger, Karpometakarpalgelenk des Daumens).

44/1

Normaler Einschnitt des Pfannenrandes

Abb. 35. Experimentell deformiertes Schultergelenk, Unke (Bombinator). Wachsplattenmodell. Die früheste Anlage des Schultergürtels ist durch einen künstlichen Eingriff so verkleinert worden, daß eine Zwergpfanne (plastisch gezeichnet) entstanden ist. Der Humerus hat dagegen seine normale Größe behalten. Hier ist der Kontur des Humeruskopfes schematisch an die gleiche Stelle gezeichnet, an welcher der normale Kopf steht; der Größenunterschied zwischen Kopf und Pfanne springt in die Augen. In Wirklichkeit weicht der Kopf aus (Luxation) oder er wird deformiert und eingekeilt (Ankylose).

Durch Kombination zweier Gelenke mit nur einem Grad der Freiheit lassen sich zwei Grade der Bewegungsfreiheit erzielen, z. B. an unserem Unterarm. Dort sind ein Quer- und ein Längsscharnier so zueinander angeordnet, daß der Oberarm gegen den Unterarm in einer Kugelfläche bewegt werden kann (flächenläufig, Abb. 189). Über das Nähere siehe Ellenbogengelenk.

Die Form von Kopf und Pfanne eines Gelenkes kann man nachahmen, wenn zwei Gipszylinder durch Schnüre so gegeneinander bewegt werden wie die Knochen durch ihre zugehörigen Muskeln: die Enden schleifen sich dann gegeneinander zu Kopf und Pfanne ab. Das Modell zeigt, wie wir uns historisch die Wechselwirkung zwischen Bewegtem und Bewegendem zu denken haben. In der individuellen Entwicklung sind aber die Gelenkformen von Anfang an erblich fixiert. Der funktionell erworbene Bau wird dem Keim als Erbgut fix und fertig mitgegeben. Bei Amphibien läßt sich experimentell das Material der Pfanne verkleinern; es bildet sich dann eine Zwergpfanne, während der Gelenkkopf normale Dimensionen hat. Er paßt nicht in die Pfanne (Abb. 35). So erklären sich wahrscheinlich auch die „kongenitalen Luxationen", die beim Menschen in gewissen Gelenken nicht selten sind (Hüftgelenk). Die feinere Ausgestaltung der Gelenke und Umformungen atypisch angelegter oder pathologisch deformierter Gelenke geschieht aber auch beim einzelnen Individuum durch Wechselwirkungen zwischen Skelett und Umgebung, besonders der Muskeln (vgl. Vererbung der Knochenform, S. 56; siehe auch Hüftgelenk).

Schleimbeutel

Besonderen Wert werden wir bei den einzelnen Gelenken auf die Zahl und Lage der Schleimbeutel (Bursae synoviales) zu legen haben. Es sind dünnwandige Säcke mit einem Lumen, das nicht größer als eine kapillare Spalte und mit einigen Tropfen Synovia gefüllt ist. Bei Entzündungen vergrößern sich Inhalt und Lumen oft erheblich. Die Schleimbeutel liegen als Polster zwischen der Haut und oberflächlichen Knochenvorsprüngen, zwischen Sehnen oder Muskelbäuchen und benachbarten Knochenkanten. Sie übersetzen durch die glitschige Ver-

schieblichkeit der Wände gegeneinander jeden lokalisierten Druck in eine rollende, fortschreitende Bewegung und verteilen die Druckwirkung auf eine größere Fläche. Die Weichteile werden durch sie vor Quetschungen geschützt. Die meisten Schleimbeutel haben mit Gelenken nichts zu tun. Andere, welche in der Nähe von Gelenken liegen, können nach Zerreißung der Kapsel mit der Gelenkhöhle in Verbindung treten und spielen deshalb eine Rolle bei pathologischen Verrenkungen. Bei anderen ist eine Kommunikation des Beutels mit dem Gelenk normal; sie vollzieht sich in der Entwicklung, oft erst nach der Geburt, kann aber auch erblich fixiert und von vornherein in der Entwicklung angelegt sein. Der oder die Schleimbeutel, die zu einem Gelenk gehören, gliedern sich der Haupthöhle wie Seitenkammern an. Bei plötzlichen Stößen kann die Gelenkschmiere aus der Haupthöhle durch die feine Kommunikation wie durch ein Ventil in eine Seitenkammer abfließen: Bremswirkung. Oft sind bei komplizierten Gelenken die Abmessungen des Zwischenraumes zwischen den Knochenenden verschieden, je nach der Stellung der Knochen; als inkompressibele Flüssigkeit kann die Synovia bei Verengerungen nach den Seitenkammern abfließen und bei Erweiterungen von dort zufließen, wie es der Bedarf verlangt.

3. Baufett.

Die passiven Bestandteile des Bewegungsapparates haben die Aufgabe, bei allen Bewegungsmöglichkeiten dem Körper die erforderliche Stabilität zu sichern. Die Eigenschaft, welche bei den verwendeten Gewebsformen ausgenutzt

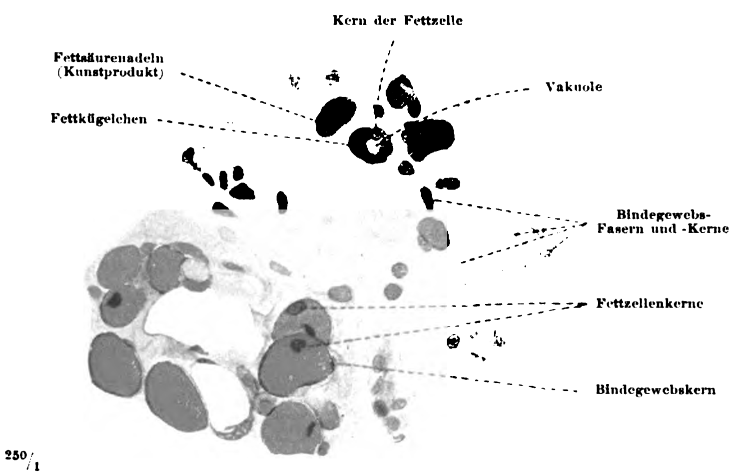


Abb. 36. Fett. Sudanfärbung. Junger Hund.

wird, ist nicht immer ihre Festigkeit, sondern oft gerade umgekehrt ihre Nachgiebigkeit. In allen Fällen wird die Fähigkeit ausgenutzt, mechanischen Beanspruchungen gegenüber histologisch intakt zu bleiben. Die Knochen, die Verstärkungsbänder der Gelenkkapseln und die Füllpolster von Synarthrosen setzen den Beanspruchungen einen Widerstand entgegen. Die Gelenkknorpel, Gelenknebenräume (Bursae) und die Synovia vertreten die entgegengesetzte Aufgabe; sie besitzen die Eigenschaft, erlittene Deformierungen auszugleichen, ohne sich histologisch zu verändern oder durch Gleiten lokale Druckwirkungen zu vermeiden. Die eine Art von Geweben wird im Bewegungsapparat verwendet, weil ihre Festigkeit besonders groß, die andere, weil sie besonders gering ist. Zu den letzteren gehört das Fett, welches als Baufett im Zusammenhang des Bewegungsapparates keine geringe Rolle spielt. Die Fettzellen selbst sind mehr oder minder prall gefüllte Elemente (Abb. 36). Sie sind einzeln durch mechanische Gewalt leicht lädierbar. Aber Fettpolster

wirken wie Sandsäcke, die bekanntlich in jede Form zu bringen sind und deshalb zur Bettung gebrochener Glieder u. dgl. vortreffliche Dienste leisten können. Auch beim Fett rollen die einzelnen Elemente gegeneinander, da sie durch lockeres Bindegewebe zusammengehalten sind. Sind die einzelnen Fettzellen nicht prall gefüllt, so sind sie außerdem selbst deformierbar wie ein Wasserkissen (das auch nicht vollgefüllt sein darf, um nachgeben zu können) und erhöhen die Gleitfähigkeit des Ganzen. Ein Fettpolster nimmt jeweils die Form an, welche die Nachbarschaft verlangt. Baufett wird bei den Gelenken an Stellen gefunden, wo die Gelenkflächen klaffen (siehe oben). Ebenso wird zwischen Skelett und Muskulatur oder zwischen den Muskeln selbst Fett deponiert, welches die bei Bewegungen entstehenden unvermeidlichen Lücken ausfüllt, aber zurückweicht, wenn die Bewegung rückläufig wird. Am bekanntesten ist dies beim Wangenpfropf (BICHATscher Fettpfropf, Abb. 365).

4. Die Skelettmuskeln und ihre Hilfsapparate (allgemeine Muskellehre).

Die Muskeln sind aus zahlreichen einzelnen Fasern zusammengesetzt. Diese bestehen aus Fibrillenbündeln (COHNHEIMsche Säulen oder Felder),

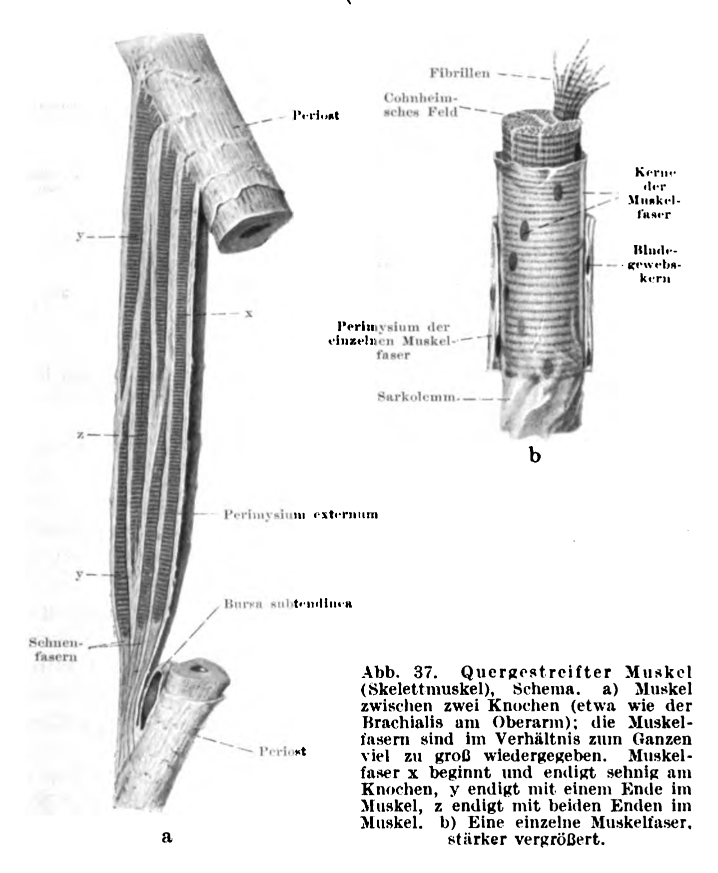


Abb. 37. Quergestreifter Muskel (Skelettmuskel), Schema. a) Muskel zwischen zwei Knochen (etwa wie der Brachialis am Oberarm); die Muskelfasern sind im Verhältnis zum Ganzen viel zu groß wiedergegeben. Muskelfaser x beginnt und endigt sehnig am Knochen, y endigt mit einem Ende im Muskel, z endigt mit beiden Enden im Muskel. b) Eine einzelne Muskelfaser, stärker vergrößert.

welche in Sarkoplasma eingebettet und von einem Sarkolemmschlauch umhüllt sind (Abb. 37b, 38). Die Querstreifung ist an die Fibrillen gebunden (siehe das aus dem Querschnitt herausragende Fibrillenbündel eines COHNHEIMschen Feldes, Abb. 37, und Muskelgewebe S. 22).

Die Muskelfasern sind durch Bindegewebe miteinander verkittet. Muskel- und Bindegewebe zusammen sind das Muskel„fleisch“ des gewöhnlichen Sprachgebrauches. Dieses Fleisch beträgt im Mittel 32% des Körpergewichts bei der Frau und 36% beim Mann, kann aber bei Athleten über die Hälfte des Gesamtgewichts erreichen. Diese Zahlen beweisen die Wichtigkeit für den Körper. Außer im Schlaf, der alle Muskeln löst, ist ein großer und ständig wechselnder Teil unserer Muskeln im Dienst des Bewegungsapparates tätig (von der wichtigen Aufgabe, Wärme zu produzieren, ist hier abzusehen, weil sie für die Formung der Muskeln belanglos ist). Diese Tätigkeit ist keineswegs auf die Bewegungen des Skeletts beschränkt. Sie kann dazu dienen, bestimmte Lagen aktiv zu sichern und ist dann weniger sichtbar. Wir nennen dies „Haltung“. Von der Haltung hängt es ab, ob wir den Körper im Stehen, Sitzen oder Liegen beherrschen, und ob eine bestimmte Bewegung stattfinden wird, für welche die betreffende Haltung eine notwendige oder begünstigende Voraussetzung ist. Man kann sich diese versteckte Tätigkeit der Muskeln vorstellen unter dem Bilde einer Sperrung. Wie das Sperrad einer Maschine der Last, welche gehoben werden soll, das Gegengewicht hält und sie am Zurückrutschen hindert, so ist die innere Spannung der Muskeln im Gleichgewicht mit dem Teil der Körperlast, welche sie in dem betreffenden Moment zu tragen hat. Die Verkürzung, welche zu Bewegungen führt, ist dadurch entlastet wie bei der Maschine, deren Sperrad an Arbeit spart, weil alle Kraft für die Bewegung (Heben der Last) disponibel bleibt. Es kommt hinzu, daß der lebende Muskel außer diesen wechselnden Sperr- und Verkürzungsleistungen noch einen ständigen Tonus erzeugt, der erst im Tode erlischt, d. h. eine Spannung, welche daran zu erkennen ist, daß der lebende Muskel nie so völlig erschlafft wie bei der Leiche (oder bei Lähmungen, tiefer Narkose, tiefstem Schlaf). Wird ein Muskel rein passiv beansprucht (gedehnt), so kann er wie ein Band Widerstand leisten, sobald er seine größte Länge erreicht hat oder sobald eine noch größere Dehnung schmerzhaft wird.

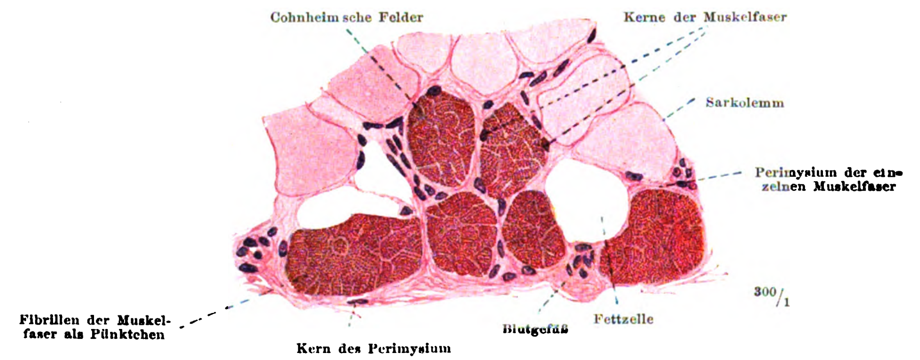
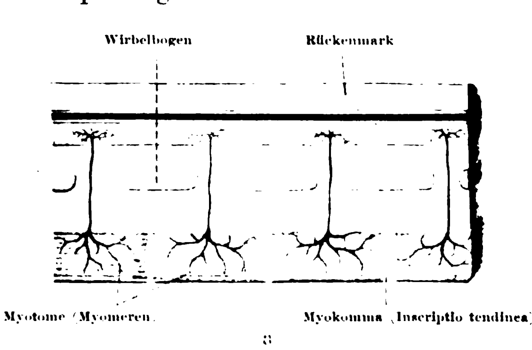


Abb. 38. Querschnitt durch einen Skelettmuskel, Mensch. Die Fibrillen sind nur in einigen Faserquerschnitten eingezeichnet; die anderen Querschnitte nicht ausgeführt.

Muskelindividuen

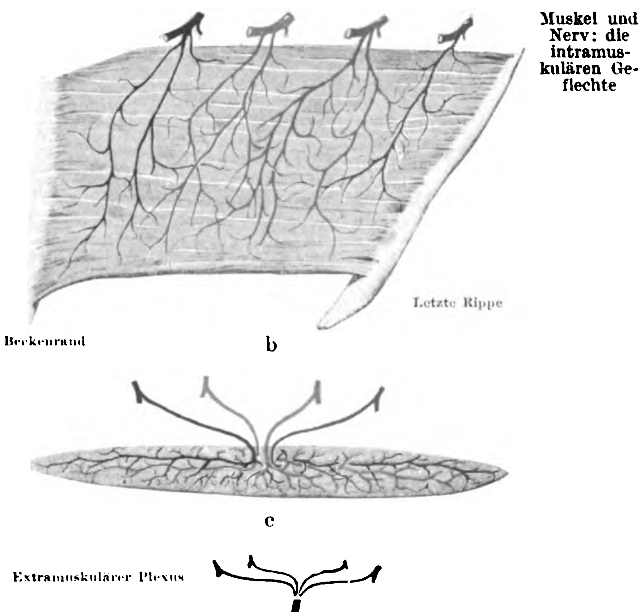
Die ausgiebige und vielseitige Leistung der Muskulatur im Dienste des Bewegungsapparates kommt im Bau der Muskeln zum Ausdruck. Es ist bereits geschildert worden, wie das Muskelmaterial von der Stelle seiner Entstehung im Ursegment sich durch den Körper ausbreitet (Abb. 9). Die metameren Muskelkästchen bestehen aus parallel angeordneten Haufen von quergestreiften Muskelfasern (Abb. 5, 6). Sie geben nur an wenigen Stellen des Körpers Anlaß zur Entstehung kurzer metamerer Muskeln. Gerade am Geburtsort der Muskulatur neben dem Achsenskelett sind noch heute beim Menschen alle Übergänge

von solchen metameren Muskeln zu höheren Formen, zu **Muskelindividuen** zu finden. Ich verweise auf die Beschreibung der tiefen Rückenmuskeln (S. 99 u. f.). Die höchsten Formen spindeliger Muskelindividuen bieten die Extremitäten. Von Fall zu Fall bildet sich zwischen Skelett und Muskulatur eine bestimmte mechanische Beziehung, welche den Anforderungen des Bewegungsapparates an der betreffenden Stelle entspricht. Die Form der Knochen und der zugehörigen Muskeln ist aufs feinste aufeinander abgestimmt, wie die spezielle Betrachtung der einzelnen Muskeln zeigen wird.



Muskel und Nerv: die intramuskulären Geflechte

Der Skelettmuskel ist das Erfolgsorgan der motorischen Nerven, die in Vorderhornganglien des Rückenmarks entspringen und in der ventralen Nervenwurzel verlaufen (Abb. 5). Anfänglich gehen sie als gesonderte Fäserchen zu den Muskelbildungszellen der Ursegmente (Myoblasten). Später sammeln sie sich zu einem geschlossenen Nervenstämmchen; jedes Muskelsegment hat sein eigenes metameres Nervenstämmchen (Abb. 39, die Nerven zu vier Muskelsegmenten sind je mit einer schematischen Farbe gekennzeichnet). Die Myoblasten wachsen zu Muskelfasern aus, welche in der Längsrichtung des Körpers von einem Ende des Segments zum andern verlaufen und beiderseits an der Bindegewebsschicht befestigt sind, welche die Muskeln voneinander trennt (Zwischensehne, Myokomma s. Inscriptio tendinea). Jede Muskelfaser bekommt ihre Nervenfaser, mit welcher sie durch eine Nervenendplatte verbunden ist (in manchen Fällen 2 oder sogar 3 Endplatten). Wenn aus mehreren Muskelkästchen Material für die Bildung eines größeren Muskels abgegeben wird (Abb. 39 b), so vermischt sich allmählich das metamere Muskelgewebe zu einer neuen Einheit, die wir ein **Muskelindividuum** nennen. Die Nerven bleiben aber mit ihren Wurzeln im Rückenmark und an ihren Austrittsstellen zwischen den Wirbeln zeitlebens getrennt. Der Nerv ist der Ariadnefaden in dem Gewirr von Muskelverlagerungen, an welchem zu verfolgen ist, in welcher Richtung und in welchem Maß sich die kurzen metameren Muskeln verbunden haben. Schließlich hat jeder Muskel je nach der Stärke der inneren Verschiebung ein mehr oder minder verflochtenes System von Nerven in seinem Innern: intra-



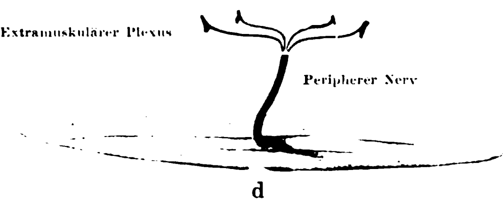


Abb. 39. Entstehung eines polysegmentalen Muskelindividuums aus vier getrennten Myomeren, Schema. a) Embryonaler Körper, Horizontalschnitt. b) Rumpfmuskel (Musculus quadratus lumborum, Mensch; nach Eisler). Es gehen nur Seitenäste der Spinalnerven in den Muskel. c) Langer Rückenmuskel mit intramuskulärem Nervenplexus. d) Extremitätenmuskel. Der intramuskuläre Plexus ist nicht eingetragen (er würde Abb. c entsprechen).

muskuläre Nervenstrecke oder intramuskulärer Plexus (Abb. 39 b u. c). Der Muskel ist, wenn z. B. violette Elemente unseres Schemas durch mehr als die halbe Länge ausgebreitet sind, von den violetten Zellen im Rückenmark aus erregbar, ebenso aber auch von den roten, grünen oder gelben. Betrachtet man also das Rückenmark, so können verschiedene Erregungsstellen vikariierend füreinander eintreten; im primitiven Zustand müssen dagegen alle vier gleichzeitig funktionieren, um auf eine Muskelstrecke von der gleichen relativen Ausdehnung zu wirken, welche das höher entwickelte Muskelindividuum einnimmt. Es scheint unter Umständen sogar ein und dieselbe Muskelfaser mit motorischen Endplatten verschiedener Segmente beschickt zu sein. Betrachtet man den Muskel in Abb. c, so ist auf dessen Querschnitt verschiedenes segmentales Material gemischt. Die Segmente können einzeln oder gemeinsam wirken; ein und derselbe Muskelquerschnitt kann also von ganz verschiedenen Stockwerken des Zentralorgans erregt und verschiedene Muskelquerschnitte können von dem gleichen Stockwerk des Zentralorgans innerviert werden. Ich nenne deshalb das intramuskuläre Nervengeflecht: Kombinationsplexus. Der Intimbau des Rückenmarks wird uns erst die volle Einsicht in die neuen Möglichkeiten geben, welche für die Muskelbewegungen durch die Umbildung der Myomeren in polysegmentale Muskelindividuen erreicht sind.

Ein sehr günstiges Objekt für das Studium der intramuskulären Nervenverteilung sind die Extremitätenmuskeln der Selachier, welche aus metameren Knospen entstehen (DOHRNsche Knospen) und zeitlebens äußerlich aus schmalen Muskeln (Musculi radiales) zusammengesetzt sind (Abb. 125); letztere kommen scheinbar durch Verlängerung solcher Knospen ohne weitere Veränderung zustande. In Wirklichkeit findet aber eine innere Umgestaltung der Musculi radiales statt, die daraufhin kein metameres, sondern polysegmentales Material enthalten. Die näheren Umstände interessieren uns hier nicht. Das Resultat ist besonders übersichtlich, da alle Muskelstreifen wie die Seiten eines Instruments nebeneinander liegen. Wie diese auf Anschlag anklingen, so kontrahieren sich die Muskelstreifen je nach dem Nerv, welcher normalerweise vom Rückenmark aus oder im Experiment durch den elektrischen Strom gereizt wird. In Abb. 40 ist auf Querschnitten durch Musculi radiales eingetragen, wie sich vier bestimmte Nerven a—d (durch verschiedene schematische Farben markiert) auf die einzelnen Muskeln verteilen[1]). Man stelle sich vor, daß es Querschnitte von Muskelindividuen wie in Abb. 39 c und d sind. Die verschiedenen oben geschilderten Möglichkeiten der Erregung des gleichen Muskelquerschnittes durch einen Kombinationsplexus sind an den schematischen Farben deutlich abzulesen. Bei den Muskeln der höheren Tiere liegen die Individuen zu sehr überschichtet, um beim Lebenden mit gleicher Deutlichkeit verfolgen zu können, wie die Nerven intramuskulär ausgebreitet sind. Doch ist die Präparation der intramuskulären Nervengeflechte in den Muskelindividuen imstande zu zeigen, daß die Verlagerungen ganz entsprechend sind. In den meisten Fällen ist die metamere Folge noch zu erkennen; die Grenzen der metameren Territorien im Muskel sind immer überlagert, meist so stark, daß ein Nerv ausfallen kann, ohne daß eine Lücke in der intramuskulären Innervationsfolge entsteht. Dadurch ist der Muskel gegen lokalen Nervendefekt gesichert.

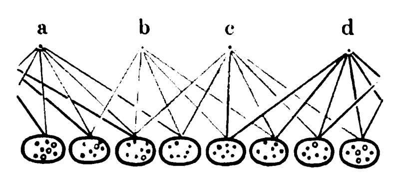


Abb. 40. Nervenversorgung der Flossenmuskeln eines Selachiers. Schema. Querschnitte durch 8 Muskelindividuen (Musculi radiales). Die Anzahl der bunten Punkte auf den Querschnitten zeigt an, wie zahlreich die Nervenfasern des betreffenden Nervs sind, welche das Individuum versorgen. Die Farben sind die gleichen wie in Abb. 39, aber der Verlauf der Nervenfasern ist hier rein schematisch von einem Punkt im Rückenmark aus durch Strahlen angegeben, ohne Rücksicht auf den wirklichen Verlauf der Nerven (aus Braus, Jenaische Zeitschr. Bd. 47, Taf. 24).

Area nervovasculosa

Für die Beweglichkeit der höher organisierten Muskelindividuen gegen ihre Umgebung resultiert aus der inneren Umgestaltung des Materiales noch ein besonderer Vorteil. Die beteiligten Nerven rücken zusammen und bilden ein einziges Kabel, welches am extramuskulären Plexus dicht an der Wirbelsäule beginnt und beliebig verlängert werden kann (Abb. 39 d). Der Muskel kann viel ausgiebigere Kontraktionen machen, es kann aber auch eine Verschiebung des Muskels in toto durch größere historische Zeitfolgen hindurch Platz greifen (Wanderung von Mus-

[1]) Es gibt Kontroversen über diese Befunde, die ich nicht für berechtigt halte. Es kann hier davon abgesehen werden, weil die Grundtatsache nicht mehr bestritten wird, daß bei Squaliden (eigentliche Haie) ein Muskelstreifen von mehreren metameren Nerven (3—7) beschickt ist.

keln. Abb. 9). Man nennt die Eintrittsstelle des Kabels, welche gleichzeitig die Einlaßpforte für die Gefäße zu sein pflegt, Area nervovasculosa (Muskelhilus, Abb. 41). Da jede Muskelfaser ihre eigenen Nervenfasern hat, so läßt sich mathematisch berechnen, daß die Wege der einzelnen Nervenfasern relativ am kürzesten sind, wenn die Area in der Richtung auf den geometrischen Mittelpunkt des Muskels liegt (SCHWALBEsche Regel). Bei gleichmäßig ausgebildeter Spindelform müßte die Stelle in der Mitte des Muskels liegen; bei ungleichmäßiger Dicke verschiebt sie sich nach dem dickeren Ende zu. In Wirklichkeit liegt die Area aber auch bei gleichmäßig spindelförmigen Muskeln meist im zweiten Viertel (von der Mitte etwas nach dem Ursprung zu, Abb. 41), weil ein progressives Wachstum des einen Muskelendes nicht so schnell durch eine entsprechende Verschiebung der Area ausgeglichen wird. Es ergeben sich daraus interessante Anhaltspunkte für die Wachstumsverschiebungen der einzelnen Muskeln. Im allgemeinen gilt für die Lage der Area die oben genannte Regel.

Bleiben Myokommata in höheren Muskelindividuen bestehen, so heißen sie Inscriptiones tendineae (Rectus abdominis, Abb. 96). Es kann zwischen solchen Inskriptionen sehr wohl das Muskelmaterial polysegmental umgestaltet sein; bei den betreffenden Muskeln des Menschen ist es fast immer so. Die Grenzen sind selbst einer allmählichen Umwandlung unterworfen, während welcher sie einen Austausch des Muskelmateriales zulassen (Pseudoinskriptionen). Auch völlig neu entstehende Inskriptionen kommen vor (M. semitendinosus am Oberschenkel).

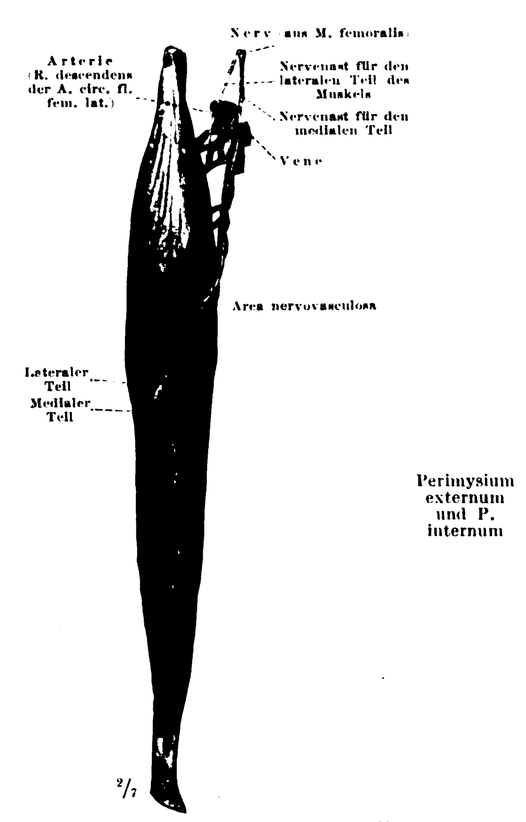


Abb. 41. Area nervomusculosa oder Hilus des doppelt gefiederten Musculus rectus femoris, Oberschenkel, Mensch. Der Muskel hat eine zweite Area auf der Hinterfläche (für die lateralen Fiedern).

Perimysium externum und P. internum

Die Muskeln enthalten außer eigentlichen Muskelfasern eine große Menge von Bindegewebe: Perimysium. Es ist der Träger der intramuskulären Nerven und Blutgefäße und hat seiner Struktur nach mechanische Aufgaben, welche die Muskelfaser unterstützen. Man unterscheidet das Bindegewebe auf der Oberfläche eines Muskelindividuums als Perimysium externum von dem im Inneren: Perimysium internum. Das letztere gliedert sich in sehr verschiedener Weise in den verschiedenen Muskeln. Immer sind die einzelnen Muskelfasern von einer feinen Bindegewebsmembran umgeben, welche sich der Grenzhaut der Muskelfaser, dem Sarkolemm, anschmiegt. Man nennt es: Perimysium der einzelnen Muskelfaser (Abb. 37, 38). In ihm liegen die feinsten Nervenfasern, welche sich mit den Muskelfasern verbinden, und die feinsten Gefäßkapillaren, die entsprechend der Längsrichtung der Muskelfasern langgestreckte Netze bilden. Die Lumina der Blutkapillaren sind sehr eng (Abb. 43 a), oft knapp so groß wie der Durchmesser eines roten Blutkörperchens, das sich kraft seiner Elastizität unter der Vis a tergo des Blutdruckes durchzwängen muß. Die Muskeln als tätige Arbeiter verlangen reichliche Nahrung. Diese führen die Gefäßkapillaren in flüssigem und gasförmigem Zustand aus Darm und Lunge herbei. Die Rückstände der Ernährung, welche chemisch wie ein Verbrennungsprozeß verläuft und wie dieser Schlacken hinterläßt, werden ebenfalls in flüssigem und gasförmigem Zustand von den Gefäß-

kapillaren aus den Muskelfasern übernommen und nach den Nieren und der Lunge weggeleitet.

Mit der Häufigkeit der Blutkapillaren hängt die rote Farbe des Muskels zusammen. Sie wird nicht nur durch den Farbstoff der roten Blutkörperchen selbst bedingt (Bluthämoglobint), sondern auch durch eigenes Muskelhämoglobin, das chemisch und spektroskopisch identisch mit ersterem ist, aber sich in der Muskelfaser selbst befindet. Die Eiweißkörper der Muskelfaser können gerinnen (Totenstarre beginnt 10 Minuten bis 7 Stunden nach dem Tode, dauert 1—6 Tage); das flüssige Serum, welches sich bei der Gerinnung von künstlich zerriebener Muskelsubstanz abscheidet, enthält das Muskelhämoglobin.

Die eigentliche Vermittelung zwischen den Gefäßen und Nerven einerseits und den Muskelfasern andrerseits hat nach dieser Darlegung das Perimysium der einzelnen Muskelfaser übernommen; es beansprucht wegen der Zartheit und feinsten Verteilung der einzelnen Elemente nur wenig Platz. Da-

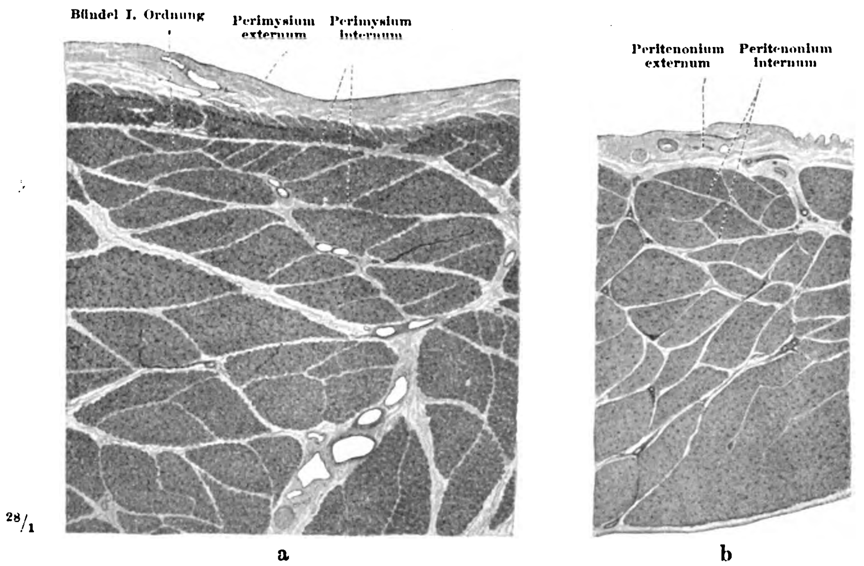


Abb. 42. Übersichtsbilder über Querschnitte eines Zehenstreckers und seiner Sehne bei der gleichen Vergrößerung, 8jähriger Knabe. Abb. a: Muskel; Abb. b: Sehne.

her sind die Membranen von minimaler Dicke. Die Zu- und Ableitungen der Blutkapillaren und die stärkeren Äste der intramuskulären Nerven erfordern dagegen mehr Raum. Im Anschluß daran ist der Muskel durch dickere Septen von Perimysium internum durchzogen; in den Zwickeln, in welchen sie zusammenstoßen, liegen die größeren Gefäß- und Nervenstämmchen, in den Septen selbst die dünneren. Man unterscheidet in manchen (nicht in allen) Muskeln, Bündel erster, zweiter und dritter Ordnung, je nachdem wenige Muskelfasern durch Bindegewebssepten zu einem dünnen Bündel zusammengefaßt sind, diese dünnen Bündel zu gröberen Bündeln abermals vereinigt werden und schließlich mehrere gröbere Bündel sich zu ganz groben Bündeln zusammenschließen. Auf dem Querschnitt ergibt sich daraus eine ineinander geschachtelte Felderung des Muskels (Abb. 42 a). Das Perimysium externum steht mit den Septen des Perimysium internum in kontinuierlichem Zusammenhang.

Die Faserbündel der verschiedenen Ordnungen sind die Strukturen, welche beim Muskelfleisch äußerlich als gröbere oder feinere Bündel zu sehen sind und welche

sich z. B. beim Kauen eines zähen Bratens zwischen den Zähnen einkeilen. Wir sprechen dann gewöhnlich von „Fasern". Sie sind nicht zu verwechseln mit den eigentlichen vom Sarkolemm umhüllten Muskelfasern (Abb. 37 b); letztere sind bei einer Dicke von höchstens 80 μ beim Menschen mit bloßem Auge nicht zu sehen. Es ist allgemein üblich und ist auch in diesem Buch nicht zu umgehen, bei der Detailbeschreibung der Muskeln das Wort Faser im Sinn des gewöhnlichen Sprachgebrauches (nicht im rein wissenschaftlichen Sinn) anzuwenden. Es handelt sich meistens in Wirklichkeit um Faserbündel erster Ordnung (Abb. 42a). Auf dem Präpariersaal ist nach Darstellung der Faszien (s. u.) die Oberfläche des Muskels selbst freizulegen. Dabei wird auch das Perimysium externum entfernt, indem zwischen je zwei „Fasern" der Übergang in das Perimysium internum durchtrennt wird. Bei grobfaserigen Muskeln läuft man Gefahr, den eindringenden Septen des Perimysium zu folgen und in den Muskel selbst hinein zu geraten; dies ist ein sehr gewöhnlicher technischer Fehler des Anfängers.

Außer Blutgefäßen und Nerven liegen im Perimysium internum noch **Muskelspindeln**. Es sind druckempfindliche Organe, die in sehr verschiedener Anzahl in den verschiedenen Muskeln vorkommen (siehe Sinnesorgane).

Bei vielen Tieren gibt es Muskeln mit hellen, protoplasmaarmen Fasern (weißes, helles Fleisch) und Muskeln mit trüben, protoplasmareichen Fasern (rotes, dunkles Fleisch). Beim Menschen sind in ein und demselben Muskel hellere und trübere Muskelfasern mit vielen Übergängen zwischen den Extremen vereinigt. Mit diesen

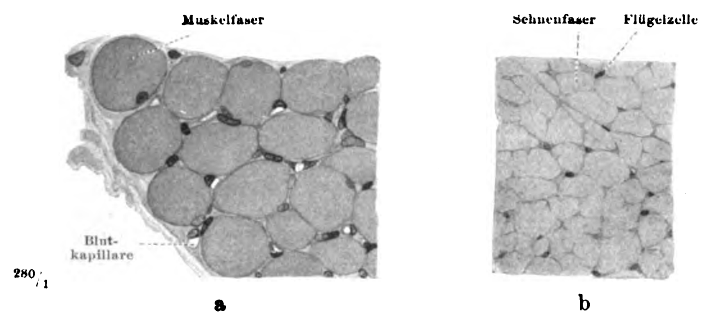


Abb. 43. Muskel und Sehne des gleichen Muskels wie in Abb. 42 bei 10mal stärkerer Vergrößerung.

histologischen Unterschieden sind Unterschiede in der Funktion verbunden: die roten Elemente sind die langsamer arbeitenden, lange in der Verkürzung verharrenden Fasern, die weißen sind die geschwinden, sich rasch kontrahierenden, aber auch rasch erschlaffenden Muskeln. Die Farbe hängt mit dem verschiedenen Gehalt an Muskelhämoglobin zusammen, das als Maßstab der Tätigkeit dienen kann.

Es wäre unrichtig, die Einteilung der Muskeln in Bündel nur auf die Zufuhr von Nervenreizen und die Bedürfnisse des Stoffwechsels zu beziehen. Eine sehr wichtige Rolle spielt das Perimysium in allen seinen Teilen für die Mechanik des Muskels. Die kollagenen Fasern, die dem Perimysium der einzelnen Muskelfasern eingebettet sind, stehen quer zur Richtung der Muskelfasern, falls die Membranen nicht wegen ihrer Feinheit homogen erscheinen. Sie verhindern die Faser über eine maximale Grenze anzuschwellen ohne die Dehnung des Muskels in der Längsrichtung zu hemmen. Das übrige Perimysium internum ist reich an längsverlaufenden kollagenen Fasern und an elastischen Netzen. Die Längsfasern biegen an den beiden Enden der betreffenden Muskelfaser in zwei Nachbarbündel ein; präpariert man die beiden Bündel auseinander, so ziehen sie schräg von dem einen in das andere. Sie hemmen die Kontraktion des einen Bündels nur, wenn das andere ruht und wenn eine gewisse Grenze der Kontraktion überschritten ist. Dann verhindern sie die Abscherung, indem sie das ruhende Nachbarbündel zur Mitarbeit zwingen und das übermäßig verkürzte entlasten. Ähnliches leisten die elastischen Netze. Es ist anzunehmen, aber im einzelnen sehr wenig bekannt, daß die Unterteilung der verschiedenen Muskeln

in Bündel verschiedener Dicke und Ordnung in engstem Konnex mit den verschiedenen Beanspruchungen stehen, welchen der betreffende Muskel zu genügen hat. Die Bindegewebsfibrille hat gewiß ähnlich wichtige statische Funktionen im Muskel wie im Knochen. Sie ist gleichsam das Skelett des Muskels. Denn mit den längsverlaufenden Fasern der inneren Bindegewebssepten sind zahlreiche Muskelfasern in Zusammenhang, welche das Ende des Muskels nicht erreichen (Abb. 37a). Wird außerdem der Muskel passiv gedehnt, so widersetzen sich die Septen einer übermäßigen Dehnung und schützen vor Zerreißung. Denn das kollagene Bindegewebe hat seine Hauptfestigkeit gegen Zug.

Das Perimysium externum besteht aus spitzwinkelig zur Muskelrichtung sich überkreuzenden kollagenen und zahlreichen längsverlaufenden elastischen Fasern. Erstere unterstützen die Wirkung der Faszie (siehe unten); letztere führen passiv den gedehnten Muskel wieder in die Ruhelage zurück und sparen dadurch an aktiver Wirkung der Muskelfasern selbst. Durch den Arbeitsgewinn der elastischen Fasern im Perimysium externum wird der Arbeitsverlust durch die elastischen Netze im Perimysium internum für die Muskelkontraktion mehr als ausgeglichen.

Sehne, Aponeurose

Das Bindegewebe für sich allein formt gleichsam die Hand des Muskels. Muskelfasern sind nicht imstande, selbst das Skelett zu ergreifen und unmittelbar zu bewegen. Der Muskel bedarf dazu der Sehne (Tendo). Sie ist im Gegensatz zu den Hilfsapparaten des Muskels, die ihn wie der Ärmel den Arm umhüllen (Faszie), eine notwendige Fortsetzung des Muskels, seine Hand. Die Sehne besteht aus straffen Bindegewebsfasern (kollagenen Fasern), welche parallel angeordnet sind (Abb. 37a, 43b).

Es scheint, daß entwicklungsgeschichtlich und im feineren histologischen Bau Muskel- und Sehnenfibrillen eins sind, wie neuere Forscher behaupten. Danach verliert die quergestreifte Muskelfibrille kurz vor dem Ende der Muskelfaser die Querstreifung und durchsetzt als glatte Faser das Sarkolemm, um ununterbrochen in der Sehne als kollagene Bindegewebsfaser weiterzuziehen. Allerdings löst sich bei vorsichtiger Mazeration, wie man schon lange weiß, die Sehne leicht von dem zugespitzten Ende der Muskelfaser. Die Muskelfaser sitzt in der zugehörigen Sehnenpartie wie das Ei im Eierbecher (Abb. 37a, unteres Ende des Muskels). Deshalb hielt man früher die Verbindung für sekundär. Die Autoren, welche dies heute noch vertreten, glauben, daß das nicht quergestreifte Stück einer Fibrille innerhalb des Sarkolemms zur Muskelfibrille gehöre und daß dieses Stück nichts beweise für einen Übergang der Muskelfibrille in Sehnenfibrillen.

Daß das Sarkolemm nicht unmittelbar an Skeletteile sich anheftet, wird mit physikalischen Eigenschaften der Muskelfaser zusammenhängen, deren Natur aber unbekannt ist. Jedenfalls spielt der Umstand eine Rolle, daß die Sehne ihrem geringeren Querschnitt gemäß (Abb. 42, 43) eine viel kleinere Insertionsstelle beansprucht als der Muskelbauch. Die Sehne kann so kurz sein, daß scheinbar das Muskelfleisch direkt am Knochen entspringt (z. B. das eine Ende der Interkostalmuskeln, siehe auch Abb. 37a, oberes Ende des Muskels).

Die Sehne ist in ähnlicher Weise durch lockeres Bindegewebe in Bündel zerlegt wie der Muskel (Peritenonium). Doch sind die Felder kleiner und die Gefäße sind spärlicher (Abb. 42).

Die Sehne ist immer viel dünner als der zugehörige Muskel. Dies gilt für das Einzelne und für das Ganze. Denn die kollagenen Fasern, aus welchen sich die Sehne aufbaut, haben geringeren Querschnitt wie die Muskelfasern (Abb. 43). Auch das Peritenonium internum ist schmächtiger als das Perimysium internum, weil das Sehnengewebe sehr arm an Blutgefäßen und Nerven ist. Nur gewisse nervöse Endorgane sind nicht selten (Spannungsmesser, siehe Sinnesorgane). Sehnen und Faszien, welche gleich anspruchslos an Blutversorgung und Innervierung sind, können infolgedessen besonders leicht außerhalb des Körpers lebend erhalten und vom Chirurgen mit gutem Erfolg zu Überpflanzungen gebraucht werden, nachdem sie steril im Eisschrank Tage, ja Wochen lang auf-

bewahrt wurden oder indem sie an Stellen gepflanzt werden, wo lange Zeit verstreicht, ehe sich eine Gefäßversorgung ausbilden kann.

Da die Sehne in allen ihren Teilen dünner ist als der Muskel, so ist sie es auch im ganzen. Der Name Musculus, Mäuslein, stammt daher, daß manche Extremitätenmuskeln länglichrund gegen die dünne, lange Sehne abgesetzt sind. Bei platten Muskeln ist die Sehne dagegen breit, flächenförmig. Man nennt sie Aponeurose (Tendo lata). Es gibt allerdings auch Muskeln, deren Oberfläche sich in Sehnengewebe umwandelt, weil ein anderer Muskel an ihr sehnige Befestigung nimmt. Dann ist die Aponeurose für den einen Muskel Hülle, für den anderen Hafte. Hüll- und Haftaponeurosen kommen im reichen Wechsel im Körper vor und sind von Fall zu Fall zu analysieren. Sie bilden Übergänge zwischen Sehne und Faszie (siehe unten).

Muskelformen (Ursprung und Insertion)

Muskel und Sehne zusammen geben dem Muskel die Form. Man unterscheidet den Muskelbauch (Venter), Ursprung (Origo) und Insertion (Insertio) des Muskels. Als Ursprung bezeichnet man dasjenige Ende, welches an dem weniger beweglichen Skeletteil befestigt ist (Punctum fixum), als Insertion das an dem beweglicheren Skeletteil angeheftete (Punctum mobile). Beispielsweise haben Muskeln, die vom Rumpf zu den Extremitäten ziehen, ihren „Ursprung" an dem schwereren, unbeweglicheren Rumpf, ihre „Insertion" an der Extremität. In ähnlicher Weise ist für alle Muskeln des menschlichen Körpers durch traditionelles Übereinkommen festgelegt, welches Ende als Ursprung und Insertion zu bezeichnen ist.

Diese formale Orientierung ist sehr wertvoll für die rasche Verständigung darüber, welches Ende des Muskels gemeint ist. Sie hat heute nur eine rein deskriptive Bedeutung, ganz unabhängig vom Wortsinn. Denn die funktionelle Grundlage der Bezeichnungen im einzelnen ist unwichtig und oft sehr anfechtbar. Punctum fixum und Punctum mobile können vertauscht sein. Wenn z. B. der Arm fixiert wird, so kann ein vom Rumpf zum Arm ziehender Muskel von seiner Insertion, die festgestellt ist, auf den Rumpf wirken und diesen bewegen (Klimmzug). Es ist aber auch die ganze Grundanschauung, aus welcher die Bezeichnungen Ursprung und Insertion entstanden sind, heute als unrichtig erkannt. Die Muskeln wirken im allgemeinen mit beiden Enden, da sie beide Skeletteile, an welchen sie befestigt sind, einander zu nähern suchen. Ein anschauliches Modell für die hier waltenden Prinzipien ist ein offenes Taschenmesser, dessen Griff dem einen, dessen Klinge dem anderen Knochen entsprechen soll. Hält man das Messer am äußersten Ende der Klinge frei schwebend in der Luft, so steht es genau senkrecht. Knickt man die Klinge langsam an der Gelenkstelle ein, so verschiebt sich das ganze Messer so lange, bis es im Gleichgewicht ist, d. h. das Heft weicht nach der einen Seite aus und die Klinge nach der anderen. Beim Knochen findet das gleiche statt, z. B. beim Oberarmknochen (Humerus) und der Elle (Ulna) (Abb. 44, Übergang von Stellung a in Stellung c). Die Verschiebung beider Teile geht immer so weit, daß der Schwerpunkt unter dem Aufhängepunkt liegen bleibt. Die Zurückführung der Bewegungen des Körpers auf die Verschiebungen der Schwerpunkte der einzelnen gegeneinander beweglichen Massen ist die Grundlage der Mechanik aller Bewegungsapparate. Danach ist jedes in sich unbewegliche Stück des Körpers (Knochen) mitsamt den zugehörigen Weichteilen im Gleichgewicht, wenn wie bei einer Wage hüben und drüben vom Schwerpunkt die Gewichtsverteilungen gleich sind. Jede Kontraktion eines Muskels bringt den Wagebalken aus der Ruhelage; beide Enden bewegen sich (Abb. 44, Ulna). Die Nachbarknochen, welche mit ihren Enden den Enden des Balkens angefügt sind und im Gelenk ihren Unterstützungspunkt haben, müssen dieser Bewegung folgen und funktionieren ihrerseits wie Wagebalken. Es hat also jede Bewegung eines Muskels außer der Nahwirkung auf die Knochen, denen er angeheftet ist, noch Fernwirkungen auf Gelenke und Knochen, mit welchen er unmittelbar gar nicht verbunden ist (Gesetz von O. Fischer). In Abb. 44 ist z. B. durch die Wirkung des eingezeichneten Muskels (Brachialis) nicht nur das Ellenbogengelenk, sondern auch das Schultergelenk bewegt, welches der Muskel gar nicht überspringt. Es kann unter Umständen durch ihn nicht nur der Humerus bewegt sein, sondern im Anschluß daran kann auch eine Drehung des Schulterblattes und Aufrichtung des Schlüsselbeines indiziert werden. Wenn ein Skeletteil mit samt seinen Weichteilen so schwer ist, daß er unbewegt bleibt, oder wenn er

durch Muskeln oder sonstwie fixiert wird, so ist dies ein Spezialfall, in welchem er allerdings zum Punctum fixum und der bewegliche Knochen zum Punctum mobile wird (gerade so wie sich bei dem frei hängendem Messer, das man am äußersten Ende des Griffes hält, der Messergriff nicht aus der Senkrechten heraus bewegt, wenn er sehr schwer und die Klinge sehr leicht ist).

Von den entwickelten grundlegenden mechanischen Prinzipien aus werden wir in den speziellen Kapiteln versuchen, die Bewegungsapparate im einzelnen zu analysieren. Es erhellt aus dem angeführten Prinzip, daß Knochen, Gelenke und Muskeln nur gemeinsam verstanden werden können. Dies gilt nicht etwa nur für die Funktion, sondern gerade für den Bau, die Form, die dem Ineinandergepaßtsein von aktiven und passiven Elementen des Bewegungsapparates entsprechen muß. So ist z. B. bekannt, daß lange, schmale Muskeln da vorkommen, wo es darauf ankommt den Anheftungspunkten am Skelett eine möglichst ausgiebige Bewegung zu erteilen (große Hubhöhe). Der Körperteil erhält eine möglichst große Exkursionsbreite um den Massenschwerpunkt (Drehpunkt). Kurze, dicke Muskeln dagegen erzeugen bei geringer Breite des Ausschlages des Wagebalkens große Exkursionsstärke; sie können besser starke Widerstände überwinden als lange schmale Muskeln. Die relative Muskellänge ist bestimmt durch die größte Dehnung, welche von dem übersprungenen Gelenk gestattet wird. Sie gilt für Muskeln, welche ein Gelenk überspringen. Solche, welche mehr als ein Gelenk überspringen, sind meist relativ kürzer und hemmen deshalb ausgiebige Bewegungen in den betreffenden Gelenken. Die Muskeln an der Hinterseite des Oberschenkels überspringen das Hüft- und Kniegelenk. Hebt man das gestreckte Bein in der Hüfte nach vorn, so wird die Bewegung viel früher gehemmt, wie wenn das im Knie gebeugte Bein gehoben wird. In letzterem Fall sind die Befestigungspunkte der Muskeln genähert und sie geben deshalb mehr Spielraum.

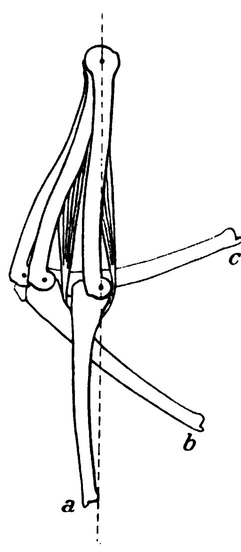


Abb. 44. Bewegung der Knochen unter der Wirkung eines Muskels auf seine beiden Enden und unter Wirkung der Schwere (nach O. Fischer).

Die Verkürzungsgröße der Muskeln beträgt etwa die Hälfte ihrer Länge, doch verkürzen sich viel und mit bewußtem Willensimpuls gebrauchte Muskeln (Extremitäten) stärker, als Muskeln, welche zu langsameren oder unterbewußt innervierten Bewegungen dienen (Rückenmuskeln, Zwerchfell). Ein reger Substanzwechsel ist imstande neue Muskelformen zu erzielen, wenn die funktionelle Beanspruchung es verlangt (Untergang von Muskelfasern und Neubildung von Fasern).

Die Gelenkformen spielen nicht die erste Rolle für die Bewegungsmechanik, wie man früher glaubte, als man annahm, daß die Drehpunkte immer in den Gelenken selbst lägen. Da sich im allgemeinen die Bewegungen um die Massenschwerpunkte vollziehen, sind die Gelenke unterstützende Flächen, welche führen oder hemmen wie Bänder. Ihre Fläche ist sehr oft so weit nachgiebig, daß schon deshalb die Form im einzelnen nicht für die Bewegung maßgebend sein kann. Es ist deshalb von den Einzelknochen und -muskeln aus das Getriebe der Bewegungsapparate und deren Form zu verstehen; darauf sind die Gelenk- und Bandeinrichtungen mit den Knochen und Muskeln in Beziehung zu setzen. Das wird der Gang unserer Einzelbetrachtungen in den speziellen Kapiteln sein müssen.

Fleischkörper und Sehne, Fiederung

Da die Sehne einen geringeren Durchmesser hat als der Muskelbauch (1 : 30, bei der Achillessehne sogar 1 : 120), so können bei parallel faserigen Muskeln nur relativ wenige Muskelfasern in der gleichen Geraden wie die Sehnenfasern liegen. Die anderen Muskelfasern müssen in eine immer schrägere Lage zu den Sehnenfasern geraten und deshalb an Kraft entsprechend einbüßen (Parallelogramm der Kräfte). Diese Ungleichheit der Muskelwirkung ist in vielen Muskeln dadurch ausgeglichen, daß die Sehne nicht endständig wie beim spindelförmigen Muskel (Musculus fusiformis, Abb. 37 a, unten), sondern randständig angelegt wird und daß alle Muskelfasern gleichmäßig schräg an ihr inserieren: einfach gefiederter Muskelbauch (Musculus unipennatus, z. B. Semimembranosus, Abb. 281). In solchen Individuen lassen sich viel größere Mengen

einzelner Muskelfasern auf dem gleichen Raume unterbringen, allerdings auf Kosten der Exkursionsgröße. Lange Muskeln, die gefiedert sind, nähern sich in ihrer Wirkung kurzen dicken Muskeln. Im Organismus ist die Fiederung in den mannigfachsten Kombinationen angewendet, z. B. wie bei einer Vogelfeder durch Vereinigung zweier Fiederzeilen an einer zentralen Sehne (Musculus bipennatus, Abb. 41) oder zahlreicher gefiederter Keile in einem Muskelindividuum (Musculus deltoides, Abb. 248). Es gibt zweiköpfige Muskeln (Musculus biceps, Abb. 255) und zweibäuchige Muskeln (Musculus biventer, Abb. 113), je nachdem zwei Muskelbäuche durch Sehnenverbindungen neben- oder hintereinander geschaltet sind. Es kommt auf den zur Verfügung stehenden Raum an. ob innerhalb gewisser Grenzen für den gleichen mechanischen Zweck lange oder kurze, schlanke oder plumpe, flache oder runde Muskeln zur Verwendung kommen; denn der innere Bau kann bis zu einem gewissen Grade die Bedingungen der äußeren Form korrigieren. Lange Muskeln sind aber immer sehr kostspielig im Betrieb und werden deshalb nur da ausgebildet. wo wirklich große Exkursionen erzielt werden sollen. Bei dicken Muskeln kann der nicht gebrauchte Teil still stehen. Deshalb arbeiten sie ökonomischer als lange Muskeln, die immer der ganzen Länge nach verwendet werden müssen, auch wenn die Bewegungsgröße nur gering ist. Deshalb sind oft lange und kurze Muskeln für die gleiche Bewegung kombiniert; die einen dienen nur für starke Exkursionen, die anderen vertreten sie, sobald die Exkursionsgröße nur gering zu sein braucht (siehe z. B. Wadenmuskeln).

Auch die Anordnung des Muskelbauches zur Sehne ist vom verfügbaren Platz abhängig. Sind in der Umgebung starke Druckkräfte wirksam, so ist die betreffende Partie des Muskelindividuums sehnig. Der Muskelbauch selbst nimmt die Stelle ein, welche möglichst geringem Seitendruck ausgesetzt ist. Er verläuft im allgemeinen geradlinig, ungeknickt. Lange Sehnen haben oft den Zweck, den Effekt der Muskelarbeit wie mit Transmissionsriemen auf weitere Strecken zu übertragen und mit Hilfe von Knochenunterstützungspunkten in eine andere Richtung zu leiten. Der Punkt am Knochen, um welchen die Sehne umbiegt und in eine neue Richtung übergeht, heißt Hypomochlion. Der Muskelbauch, die eigentliche Kraftmaschine, wird in solchen Fällen dahin gestellt, wo das Gewicht am wenigsten hinderlich ist. Die Leichtigkeit und Geschicklichkeit der Finger beruht zum Teil darauf, daß nur Sehnen an den Fingern selbst liegen, die meisten und schwersten Muskelbäuche befinden sich am Unter- und Oberarm, die Hand ist entlastet.

Die einzelnen Muskelfasern reichen nur in ganz kurzen Muskeln von der Ursprungs- bis zur Endsehne. Die größte Länge ist 12—16 cm. Bei größeren Muskeln entspringen die einen an der Ursprungssehne und endigen im Perimysium internum, andere entspringen dort und erreichen die Endsehne, viele sind mit beiden Enden im Perimysium internum befestigt (Abb. 37 a). Das Perimysium übernimmt dadurch eine wesentliche mechanische Aufgabe als Zwischenschaltung zwischen den äußerlich sichtbaren Sehnen und den einzelnen Muskelfasern. Intramuskuläre Sehnen und oberflächliche Sehnenspiegel entstehen durch spezifische Ausbildung besonders stark beanspruchter Zwischenschaltungen. Auf diesem Wege entstehen Fiederungen im Innern und Veränderungen der Form im ganzen. Denn je nach der Situation und Art der Binnenmuskelschaltungen kann ein Muskel lokal zugespitzt oder verbreitert sein. Dies ist bei den einzelnen Muskeln zu erörtern.

Hilfsapparate der Muskeln: 1. Faszien

Die Muskelbinde oder Faszie umhüllt den Muskel. Der Verlauf der kollagenen Bindegewebsfasern, aus welchen sie zusammengesetzt ist, steht im allgemeinen senkrecht zur Muskellängsachse. Die Fasern „binden" wirklich den Muskel zusammen und wiederholen für den ganzen Muskel das gleiche,



was das Perimysium der einzelnen Muskelfasern für sie leistet (S. 69). Kontrahiert sich ein Muskel zu brüsk, so kann die Faszie gesprengt werden; ist der Schlitz klein, so quillt die Muskelsubstanz bruchartig hervor und wird abgeklemmt (Muskelhernie). Durch andauernde maximale Kontraktion kann der Muskel so stark gegen die Faszie gepreßt sein, daß kein Blutzufluß mehr möglich ist und die Muskelsubstanz zugrunde geht (ischämische Lähmung). Aber in der Norm ist die Faszienröhre eine sehr nützliche Führung für den Muskel, welche die für seine Leistung zweckmäßigste Lage unterstützt und auch während der Erschlaffung des Muskelgewebes dahin wirkt, daß im Moment der beginnenden Kontraktion schon die richtige Lage besteht (Aktionsbereitschaft der einzelnen Muskeln). Es bildet sich bei den gut entwickelten Faszien (Fascia dura) eine Spalte zwischen ihnen und dem Perimysium externum, subfasziale Spalte, welche mit wenigen lockeren Bindegewebsfasern gefüllt ist und ausgiebiges Gleiten des Muskels in seiner Binde gestattet. Weniger entwickelte Faszien stehen in kontinuierlichem Zusammenhang mit dem Perimysium externum, eine besondere subfasziale Spalte fehlt. Diese Spalten spielen in der Pathologie — namentlich bei Faszien, welche ganze Muskelverbände decken (siehe unten) — für die Fortleitung von Entzündungen, von eitrigen Ergüssen, von Blut u. dgl. eine große Rolle.

Man kennt über das Vorkommen und die Ausdehnung subfaszialer Spalten das sicherste aus der Fortleitung und Ansammlung von Flüssigkeiten, die in pathologischen Fällen wie in einem Naturexperiment oder durch künstliche Injektion bei der Leiche studiert wurden. Bei der Präparation des unveränderten Körpers können sie ganz übersehen oder doch der Grad ihrer Abgrenzung kann unrichtig abgeschätzt werden. Eine der wichtigsten Stellen ist der Kehlkopfeingang (Glottisödem, siehe Bd. II, Halseingeweide).

Es gibt 1. Faszien der einzelnen Muskeln, 2. Gruppenfaszien und 3. allgemeine Körperfaszien. Geradeso wie der Einzelmuskel bei seiner Kontraktion formend auf das umgebende Bindegewebe gewirkt, durch Zug die Fasern quer zur Längsachse des Muskels orientiert und zu einer Faszie für den Einzelmuskel gesammelt hat, so formen auch ganze Muskelgruppen außer ihren Einzelfaszien noch eine gemeinsame Umhüllung: Gruppenfaszien. Sie kommen nur da vor, wo diese Muskeln die gleiche Funktion haben. Man nennt die Muskeln Synergisten oder Antagonisten, je nachdem man eine bestimmte Bewegung zum Ausgangspunkt der Betrachtung macht. Geht man zum Beispiel beim Arm von der Beugung im Ellenbogen aus, so nennt man alle auf der Vorderseite liegenden Muskeln Synergisten und die auf der Hinterseite liegenden Antagonisten. Man braucht die Beziehung umgekehrt, wenn man von der Streckung im Ellenbogen ausgeht. Beide Gruppen von Muskeln haben ihre besondere gemeinsame Faszie. Gruppenfaszien sind überhaupt am schönsten an den Extremitäten ausgebildet. Das vollkommenste Exemplar ist die Fascia lata des Oberschenkels.

Die allgemeine Körperfaszie überzieht trikotartig ganze Körperregionen und begrenzt alle Muskeln gemeinsam gegen die Haut. Sie liegt unter dem subkutanen Fett (Tela subcutanea).

Manche Autoren unterscheiden das oft derbe und präparatorisch isolierbare Bindegewebe der Tela subcutanea gegenüber der allgemeinen Körperfaszie noch als besondere Faszie (Fascia superficialis). Wir rechnen die Tela subcutanea nicht zu den Faszien; auf alle Fälle hat sie nichts mit dem Bewegungsapparat zu tun, sondern ist ein reines Hautorgan.

Die Zwischenräume zwischen den Muskeln werden bei der Kontraktion vergrößert, weil jeder Muskel seinen Querschnitt abzurunden bestrebt ist. Der Luftdruck sucht die Gruppen- oder Körperfaszie in die entstehenden Zwischenräume grubenartig hineinzudrängen. Das ist nicht selten durch die Haut sicht-

bar und bedingt besonders bei mageren Personen gewisse Hautreliefs („Salzfäßchen" oberhalb des Schlüsselbeins, „Tabatière" an der Handwurzel u. v. a. m.). Gewöhnlich sind die Zwischenräume mit Fett gefüllt, welches zu- und nachgibt, je nach der Weite der Zwischenräume (Baufett, S. 62).

Die Muskeln gewinnen als Faszienspanner bisweilen Beziehungen zu ganz anderen Körpersystemen als dem Skelettsystem. So kann z. B. ein Gefäß (Vene) durch Anheftung seiner Wand an eine Faszie dilatiert werden, wenn die Faszie durch die Muskeln gespannt wird und sich von dem Gefäß fortbewegt; sie zieht an der Gefäßwand wie an einem Blasebalg und hat eine Saugwirkung, welche den Blutstrom verstärkt. Bedingung ist, daß die entgegengesetzte Wandfläche des Gefäßes fixiert ist. Manche Skelettmuskeln haben ihre Wirkung auf das Skelett fast ganz aufgegeben und sind in den Dienst des Gefäßsystems getreten (M. omohyoideus, siehe Halsfaszien, Abb. 114).

Hilfsapparate: 2. Sehnenscheiden, Schleimbeutel

Die Faszien können ihre Aufgabe als Hüllen gemeinsam mit den Knochen erfüllen: osteo-fibröse Kanäle. Das Zustandekommen ist früher an dem Beispiel der Fascia lumbodorsalis entwickelt worden (Abb. 9). Osteofibröse Kanäle sind weit verbreitet im Körper. Die Muskeln sitzen einzeln oder zu mehreren in ihnen wie in einer Loge: „Muskellogen". Eine besondere Bedeutung gewinnen diese Hüllen bei den Sehnen. Man nennt sie Sehnenscheiden. Lokale Verstärkungen und Versteifungen der Sehnenscheide in Anlehnung an besondere Knochenhaftpunkte dienen sehr oft dazu, den Muskel so zu fixieren, daß er nicht von der Unterlage abgehebelt werden kann. Dies müßte immer der Fall sein bei ein oder mehrgelenkigen Muskeln, deren Anheftungspunkte nicht unmittelbar neben dem Gelenk oder den Gelenken liegen; die gerade Verbindungslinie von Ursprung und Insertion, welche der Muskel einzuhalten trachtet, entfernt sich um so mehr vom Scheitel des Hebelsystems, je mehr sich die Einzelknochen einander nähern (Abb. 44). Dies verhindern oft besondere Bänder, welche sich aus den Faszien heraus differenzieren. Der Prozeß betrifft meist die Umgebung sehniger Partien des Muskels oder der Sehne selbst (Sehnenscheide), weil der Muskelbauch gegen Druckwirkung auf seine Seitenflächen empfindlicher ist als die Sehne. Besondere Beispiele sind die Sehnenscheiden der Hand und Finger (Vaginae fibrosae tendinum, Abb. 166, 178). Ohne solche Haftapparate würden die Gelenkstellen jedesmal bei der Bewegung unförmlich plump werden und an allseitiger Bewegungsfähigkeit verlieren. Auch wäre die Muskelkraft bald erschöpft, da der Weg des Muskels passiv durch die Annäherung der Befestigungspunkte schnell verkleinert würde. Die Haftapparate unterstützen deshalb in hohem Maß die Bewegung, obgleich ein Teil der Muskelkraft sich bei der Spannung der Faszien und ihrer Derivate erschöpft und vom Ganzen in Abzug kommt.

Die besonderen Anordnungen der aus Faszien hervorgehenden Hilfsapparate sind von Fall zu Fall in den Detailbeschreibungen des Bewegungsapparates zu analysieren. Die Muskelsehne kann an Skelettvorsprüngen durch besondere „Retinakula" so fixiert sein, daß sie wie ein Transmissionsriemen um seine Welle umbiegt und eine andere Richtung annimmt (Abb. 294, 296). Der Muskel wirkt dann auf den Insertionspunkt wie wenn er an der Umbiegungsstelle entspränge. Man nennt sie Hypomochlion (Drehpunkt des Hebels, S. 73).

Muskeln oder Sehnen, welche bei der Bewegung gegen Skeletteile oder gegeneinander gedrängt werden, sind durch Bursae synoviales geschützt, welche das Gleiten begünstigen (Abb. 37a). Um Sehnen legen sich solche Schleimbeutel zwerchsackartig herum und verschmelzen schließlich zu einem doppelwandigen Rohr, dessen Innenwand der Sehne angeheftet ist und dessen Außenwand mit der Vagina fibrosa verschmilzt, falls eine solche als Führung für die Sehne gebildet ist. Man nennt solche Modifikationen der Schleimbeutel wegen der Beschaffenheit des Inhalts Schleimscheiden, Vaginae mucosae. Sie sind immer an beiden Enden geschlossen. Im Inneren sind oft membranöse Überbleibsel der Vereinigungsstelle vorhanden, die wie das Mesenterium des Darmes an die Sehne herantreten: Meso-

tenon (strangförmige Reste der Membranen heißen: Vincula tendinum); sie führen den Sehnen winzige Blutgefäße zu. Sieht man von diesen Verbindungen ab, so kann die Lage von Schleimscheide und Sehne mit der Lage von Herzbeutel und gestrecktem Herzschlauch beim Embryo verglichen werden.

Hilfsapparate: 3. Sesambeine, Moment

Die Sesambeine, Ossa sesamoidea (Abb. 311) sind Einlagerungen in Sehnen, welche bei Föten und Kindern oft aus Knorpel, später aber meist aus Knochen bestehen. Sie liegen in der Nähe der Insertion der Sehne, welche je nach der Dicke des Sesambeines so abgelenkt wird, daß sie nicht in der Richtung des Knochens, sondern schräg bis quer zu seiner Längsachse ansetzt. Es wird damit das „Moment" des Muskels erhöht.

Unter „Moment" versteht man ganz allgemein bei Hebelwirkungen das Produkt aus Kraft und Hebelarm, welches die Drehung bewirkt. Wir wissen aus Erfahrung, daß der Deltamuskel, welcher in der Richtung des Humerus ansetzt und auch bei Bewegungen des Humerus immer diese Richtung zum Knochen einhält (Abb. 99), sehr schnell ermüdet, wie an der Schwierigkeit, den Arm lange horizontal ausgestreckt zu halten, leicht zu merken ist. Hier ist die Hebelkraft und deshalb das Moment des Muskels trotz seiner Stärke recht gering. Der Brachialis und Bizeps, welche um so schräger zum Unterarm stehen, je mehr dieser im Ellenbogen gebeugt wird (Abb. 44), sind trotz ihres geringeren Durchmessers viel ausdauernder als der Deltamuskel. Sie haben einen mit der Bewegung bis zum Maximum zunehmenden Hebelarm, also ein sehr großes Moment. Der Hebelarm wird bestimmt durch die Senkrechte, welche man vom Drehungspunkt eines Hebels auf die Richtung der Kraft fällt. Je mehr sich die Richtung der bewegenden Kraft der Richtung des beweglichen Hebels nähert, um so kleiner wird die Hebelkraft; je größer der Winkel ist, welchen beide Richtungen miteinander bilden, um so größer wird sie, bis sie bei senkrechter Stellung beider zueinander ihr Maximum erreicht.

Die Verschiebungen der Momente bei den Drehungen um die Massenschwerpunkte sind außerordentlich wichtige Faktoren für die relative Lage von Muskeln und Knochen. Die Lage der Muskeln im ganzen oder die Ablenkung der Sehnen mittels besonderer Hypomochlia beeinflußt oft viel wirksamer das Moment des Muskels als die im Verhältnis dazu geringfügige Korrektur, welche durch die Sesambeine eintritt.

Die Sesambeine haben möglicherweise eine sehr verschiedene Herkunft. Manche mögen aus dem primordialen Knorpelskelett hervorgegangen sein, aber sicher trifft das nicht für alle zu. Man stellt sich vor, daß kanonische Skelettstücke, welche aus dem Verband mit anderen ihrer Art herausgetreten sind, in benachbarte Sehnen eingeschlossen wurden und jetzt als Sesambeine wirken. Doch ist die knorpelige Beschaffenheit kein sicheres Kriterium dafür. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß versprengte Ossifikationen auch sonst angenommen werden, z. B. in Oberschenkelmuskeln als Reitknochen. Sie werden vielfach aus abnormen Reizungen des Periosts abgeleitet (auswandernde Zellen). Doch kommen pathologische Ossifikationen in der Milz, Niere u. a. ganz unabhängig vom Skelett vor. Knorpelige Vorstufen sind in allen diesen Fällen auch beobachtet. Abnorme Knorpel kommen besonders häufig in der Ohrspeicheldrüse vor. Bei Vögeln, die sehr reich an Sesambeinen sind, bilden sie sich oft in sehr großer Entfernung vom eigentlichen Skelett. Deshalb besteht die andere Möglichkeit, daß alle Sesambeine sekundär entstanden sind als anfangs bindegewebige, verkalkende oder später knorplig und knöchern transformierte Neubildungen, die jetzt vererbt sind.

B. Spezielle Bewegungsapparate der dorsalen Rumpfwand: Rücken.

I. Typus des Wirbels und seine Modifikationen.

Im Rücken liegt die Stütze des Rumpfes, die Wirbelsäule, die sich ihrerseits auf dem Becken erhebt und den Kopf trägt. Neben dem Becken, dem Hinterhauptteil des Schädels, den der Wirbelsäule zunächst liegenden Enden der Rippen und den Teilen des Schultergürtels, welche insgesamt am Aufbau des Rückens mit beteiligt sind (Abb. 127), ist die Wirbelsäule weitaus am charakteristischsten für ihn. Sie setzt sich zusammen aus Wirbeln, Vertebrae, und dokumentiert dadurch die Zugehörigkeit des Menschen zu den „Vertebraten"; ihnen ist als uralter Besitz stets die primitive Metamerie und außer bei den niedersten Formen der Wirbel als Repräsentant der einzelnen Metameren gemeinsam (S. 26 u. f.). Aus dem historisch gegebenen Material hat der Wirbeltierkörper in der Wirbelsäule ein Stützorgan geschaffen, welches einen bestimmten Typus „Wirbel" in steter Wiederholung des ihm eigenen Aufbaues variiert, je nach der Stelle, an welcher er zur Verwendung kommt. Bei aller Wandelbarkeit im einzelnen, welche aus der Einwirkung der benachbarten Körpergegend verstanden werden muß, bleibt allen Wirbeln eine gemeinsame Grundform, an welcher zäh festgehalten wird, weil sie bewährt, „dauerfähig" ist. Wir betrachten zuerst diesen Grundtypus und seine Bedingungen, um dann die Modifikationen verstehen zu können.

Der 6. Brustwirbel als Beispiel

Nehmen wir als Beispiel einen bestimmten Wirbel, etwa den in Abb. 45 abgebildeten 6. Brustwirbel, so stellen wir als erstes fest, daß er aus einem Knochenstück besteht. Man unterscheidet an diesem als Hauptteile den Körper, Corpus, und den Bogen, Arcus.

Der Körper ist ein kurzer Zylinder. Er hat eine obere (kraniale) und eine untere (kaudale) Endfläche, ferner eine vordere (ventrale) und eine hintere (dorsale) Seitenfläche. Die Endflächen sind mittels der Zwischenwirbelscheiben mit je dem nächstfolgenden (höheren und tieferen) Wirbelkörper verbunden, die Seitenflächen liegen frei auf der äußeren und inneren Oberfläche der Wirbelsäule zutage. In der Aufsicht auf die Endflächen (Abb. 45, c) ist die Vorderfläche unseres Wirbels stark konvex, die Hinterfläche leicht konkav ausgebogen. In der Seitenansicht (a) ist die Vorderfläche leicht konkav, die Hinterfläche nur wenig ausgehöhlt oder plan (vgl. dazu die entsprechende Form eines Lendenwirbels, Abb. 64b). Dies rührt daher, daß die Ränder der Endflächen etwas vorgewulstet sind und wie Gesimse über die Seitenflächen vorspringen. Die Endflächen sind narbig höckerig. Beides bedingt für die Zwischenwirbelscheiben eine günstige Verbindungsfläche. Die Seitenflächen tragen viele Löcher für Gefäße, besonders für Venen. Ein unpaares Venenloch an der Hinterfläche ist das größte (Abb. 64). Außerdem hat die Seitenfläche jederseits oben und unten eine überknorpelte Gelenkgrube, an welche sich die

Köpfchen je der nächst höheren und tieferen Rippe anlehnen: Fovea costalis superior et inferior (vgl. dazu Abb. 67, 68).

Der Bogen hat jederseits eine Wurzel, Radix, welche dünner ist als das anschließende Seitenstück. Die beiden Seitenstücke sind dorsalwärts durch das unpaare Schlußstück (Wirbelplatte) verbunden. Jedes Seitenstück hat einen

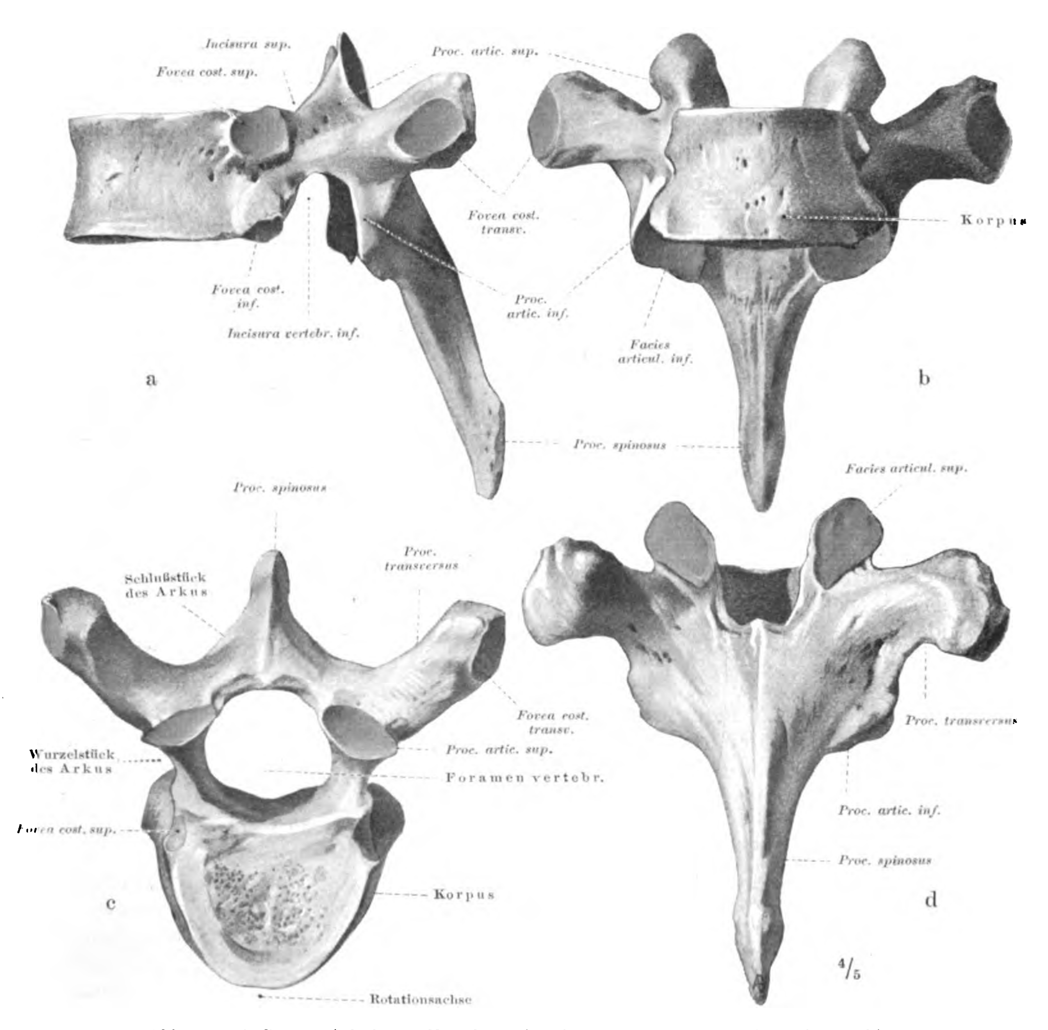


Abb. 45. 6. Brustwirbel. a) Von der Seite; b) von vorn; c) von oben; d) von hinten.

oberen und unteren Gelenkfortsatz, Processus articularis superior et inferior, mit je einer überknorpelten Gelenkfläche, Facies articularis superior et inferior. Diese Gelenkflächen dienen der Gelenkverbindung mit je dem nächstfolgenden oberen und unteren Wirbelbogen (vgl. die Lendenwirbel, Abb. 61). Außerdem geht von jedem Seitenstück ein Querfortsatz des Wirbels, Processus transversus, ab mit je einer Gelenkfläche für die zugehörige Rippe, Fovea costalis transversalis. Das Schlußstück hat einen unpaaren Fortsatz, den Dornfortsatz, Processus spinosus.

Das Wurzelstück des Bogens ist nur halb so hoch wie die Höhe des Wirbelkörpers. Es ist an der oberen Hälfte des Körpers befestigt und läßt die untere Hälfte frei (Abb. 45a). Da die Gelenkfortsätze gegenüber den Wurzelstücken beträchtlich nach oben und unten ausladen, so bleibt oberhalb und unterhalb der Radix jederseits ein Knochenausschnitt frei, *Incisura vertebralis superior et inferior.*

Je ein oberer und unterer Ausschnitt zweier Nachbarwirbel vereinigt sich zu einem *Zwischenwirbelloch, Foramen intervertebrale* (dieses wird aber durch Bänder noch weiter eingeengt, vgl. Abb. 64). Es verbindet den *Wirbelkanal, Canalis vertebralis,* und das Rückenmark in ihm jederseits mit der Außenwelt des Achsenskeletts (d. h. mit dem Körperinnern rings um die Wirbelsäule herum). Es gibt auch jederseits ein Loch zwischen dem Wirbelkörper, dem Querfortsatz und derjenigen Rippe, welche mit beiden Wirbelteilen gelenkig verbunden ist: das *Foramen costotransversarium* (Abb. 46). Dieses liegt außerhalb der eigentlichen Wirbelsäule und hat mit dem Wirbelkanal nichts zu tun.

Die Verschiedenheiten der Wirbel der einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule untereinander ist sehr groß. Man überzeuge sich zunächst an den Abb. 47 und 49, wie sehr ein Hals- und Lendenwirbel, *Vertebra cervicalis et lumbalis,* von dem beschriebenen *Brustwirbel, Vertebra thoracalis,* abweicht. Außerdem ist die Abweichung der einzelnen Wirbel innerhalb eines Abschnittes nicht unbedeutend. Am typischsten sind im allgemeinen die mittleren Wirbel des betreffenden Abschnittes, während die am Anfang und Ende stehenden Wirbel Mischcharaktere zwischen den Eigenmerkmalen der beiden Nachbarabschnitte aufweisen. Alle Verschiedenheiten stehen in gesetzmäßiger Beziehung zu den Beanspruchungen eines jeden Wirbels. Wir verzichten auf die Einzelbeschreibung jeder Wirbelart und -unterart in Worten. Dagegen soll der allgemeine und spezielle biologische Charakter der Wirbel und ihrer Teile im folgenden analysiert werden. Daraus wird der aufmerksame Leser die Form eines jeden Einzelwirbels, soweit es nötig erscheint, ableiten können. Man versuche dies nach Lektüre der S. 82—87 zunächst an der Hand der charakteristischen Typenbilder in Abb. 45—50, welche die Detailbeschreibung ersetzen sollen, und mache sich von diesen ausgehend die Unterschiede der Wirbel innerhalb der einzelnen Abschnitte klar.

Einheit des Wirbels trotz separater Knochenkerne, Ossifikationstermine

Der Wirbel ist immer ein einheitlicher Körper, eine mechanische Einheit, ohne welche keine normale Funktion möglich ist, wie jeder Bruch bei Verletzungen lehrt. Eine scheinbare Ausnahme macht die Verknöcherung, die eine enchondrale ist und am Ende des zweiten Fötalmonats (oder später) gleichzeitig an *drei* gesonderten Stellen des knorpeligen Wirbels anhebt. Während die enchondrale Verknöcherung bei der Diaphyse der Röhrenknochen an *einem* Punkt beginnt (S. 39), wuchert hier das osteogene Gewebe mit den Gefäßen ganz früh an *drei* Stellen ein. So vollzieht sich die Konsolidierung des Knorpels durch eingelagerten Knochen an den wichtigsten Stellen besonders schnell und vorteilhaft, weil größere Knochenballen im Knorpel wie Felsbrocken im Mörtelwerk mittelalterlicher Festungstürme dem Ganzen große Widerstandskraft verleihen. Ein Knochenkern liegt da, wo ursprünglich die Chorda lag, je einer seitlich vom Rückenmark im Anfangsstück des Bogens (Abb. 82). Der unpaare und die paarigen Stücke verdrängen den Knorpel allmählich ganz und vereinigen sich während des 3.—6. Lebensjahres miteinander ventral vom Rückenmark, die paarigen untereinander dorsal vom Rückenmark während des 1.—13. Jahres. Bei den Wirbeln der Brustregion ist die Verschmelzung zuerst vollzogen: von da aus schreitet sie nach oben und unten allmählich fort. Vom 12. Lebensjahr ab verknöchern die beiden Endflächen des Körpers gesondert als platte Knochenscheiben (Epiphysen) und verschmelzen vom 18. Lebensjahr ab mit dem vorher gebildeten Knochen. Dazu kommen noch Knochenkerne der Fortsätze der Wirbel (Apophysenkerne), die später zu nennen sind. Schließlich ist der Wirbel *ein* Knochen und geweblich das endgültige feste Glied der Kette. Alles übrige sind Vorbereitungen, welche von der Reihenfolge der enchondralen Verknöcherung abhängen und Stück für Stück besseres Material an die Stelle des unvollkommeneren Knorpels setzen, ohne daß die Einheit des Wirbels leidet. Es darf dabei nicht übersehen werden, daß die Knochenkerne stets durch Knorpel innerhalb eines Wirbels vereinigt sind.

Übrigens tritt der Knorpel selbst im häutigen (bindegewebigen) Vorstadium in verschiedenen Zentren separiert auf, die aber durch die bindegewebige Zwischen-



substanz verbunden sind. Die Festigkeit des einzelnen Wirbels in sich ist durch alle Stadien der historischen und individuellen Entwicklung gewahrt, mag das Material geweblich aus Bindegewebe, Knorpel, Knochen oder aus Mischungen dieser Gewebsarten bestehen; freilich ist der vollkommenste Grad der Festigkeit erst dann erzielt, wenn der Wirbel total verknöchert ist, ein Zustand, auf welchen alle vorausgehenden Umbauprozesse beim Menschen abzielen.

Wirbelkörper und Wirbelbogen im allgemeinen, ihre Korrelationen

Der Wirbel hat die doppelte Aufgabe, dem Rumpf ein Stützelement und dem Rückenmark ein Schutz zu sein. Es ist dies dadurch möglich, daß von Anfang an die Medulla dicht hinter der Chorda liegt (Abb. 5). Solange die Chorda als Stützstab funktioniert, beschränken sich die Anfänge der Wirbelbildung auf den Schutz des zentralen Nervensystems. Bei den Neunaugen z. B. ist nur eine Folge von Knorpelplättchen vorhanden, welche speziell die Austrittsstellen der Nerven aus dem Rückenmark schützen. Sowie aber die Chorda vom Knorpel verdrängt und ihre Aufgabe vom Wirbel mit übernommen wird, fällt die genannte Doppelaufgabe demselben Skelettelement zu; dadurch wird der Wert für den Schutz des Zentralorgans gesteigert, dessen Sicherung wiederum die Vorbedingung für die höhere Organisation des ganzen Körpers ist. Die Wirbelkörper, welche wesentlich die Stütze zu übernehmen haben, bewegen sich mit ihren oberen und unteren Endflächen bis zu einem gewissen Grad gegeneinander um eine Führungslinie, die etwa der ursprünglichen Lage der Chorda entspricht. Da sich das Rückenmark ganz nahe dieser Linie befindet, hat es eine neutrale Lage; es kann bei Bewegungen nach irgendeiner Seite (Flexionen) nur wenig gezerrt werden oder bei drehenden Bewegungen um die Achse der Wirbelsäule (Rotationen) nur wenig durch Schub (Abscherung) leiden. Diese günstige, in der Grundorganisation des Wirbelkörpers von Anbeginn an gegebene Konstellation, von welcher der Wirbeltypus seinen Ausgang nahm, ist weiter gefestigt durch geeignete Formung der Wirbelbogen. Diese sind zwar anfangs isolierte Stücke (siehe Neunaugen), welche schließlich wie Ziegel eines Daches Schutz geben könnten: sobald sie jedoch mit dem Wirbelkörper eins geworden sind, muß ihre Lichtungsweite dem Rückenmark genügend Platz lassen, damit es gegen Abscherung gesichert ist. Bei knorpligen Wirbelsäulen (Haie usw.) ist noch große Platz- und Materialverschwendung getrieben, indem der Raum für das Rückenmark unmäßig groß ist. Beim knöchernen Wirbel wird möglichst an Raum gespart, so daß zwischen Inhalt und Wand der Bogen gerade genug Spielraum für die Bewegung der Wirbel bleibt und das Rückenmark doch nirgends gedrückt werden kann. Da das Rückenmark mit seinen Nerven vom Schädel nach dem Steißbein zu an Maße allmählich abnimmt, so verjüngt sich im allgemeinen dementsprechend der Durchmesser der Bogenlichtungen, Foramina vertebralia. Gerade umgekehrt verhalten sich die Wirbelkörper, deren Belastung vom Kopf nach dem Becken zu immer mehr zunimmt, so daß sie im Halsteil die kleinsten, im Lendenteil die größten Durchmesser haben. Maße des Körpers und Lichtung des Bogens stehen bei den einzelnen Wirbeln im umgekehrten Größenverhältnis zueinander.

Fortsätze der Wirbel im allgemeinen: Führung und Hemmung

Es ergibt sich noch eine andere, besonders bedeutungsvolle Aufgabe für die Wirbelbogen aus der Einheit des Wirbels. Die Bogen übernehmen die Führung und Hemmung der Bewegung mittels besonderer Stellen, der Gelenkflächen, von denen jederseits eine etwas erhöht angebracht ist, Processus articulares (Abb. 45—49). Je nach der Stellung der Gelenkflächen ist nämlich die Bewegung der Wirbelkörper gegeneinander, die an sich wie in einem Kugelgelenk in den verschiedensten Richtungen erfolgen könnte, auf ganz bestimmte Richtungen beschränkt (Führung) und innerhalb dieser Richtungen nur bis zu einem gewissen Ausschlag möglich (Hemmung). Bei der aufrechten Körperhaltung kommt hinzu, daß schräg gerichtete Gelenkflächen benachbarter Wirbel je mehr sie sich der Horizontale nähern (Abb. 47), um so mehr eine Komponente

der lastenden Körperschwere mit abfangen und die Zwischenscheiben zwischen den Wirbelkörpern entlasten. Die Stellung der Gelenkflächen ist in den verschiedenen Abschnitten der Wirbelsäule sehr verschieden, entsprechend der Verschiedenheit der Motoren, welche die Bewegung leisten, so daß das eine nicht ohne das andere verstanden werden kann.

Fortsätze als Muskelhebel, Modifikationen des Proc. transversus

Ebensowenig können wir hier im einzelnen von den Muskelvorsprüngen der Wirbel sprechen, solange nicht die Muskeln selbst behandelt sind. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß alle Fortsätze der Wirbel von Muskeln eingenommen und als Hebelarme für ihre Leistung weiter ausgebildet werden. So gibt es schon bei den Gelenkfortsätzen Fortsätze für Muskeln, Processus mamillares (nur im Bereich der Lende, Abb. 49). Es kommen noch zwei andere Fortsätze der Wirbel für die Muskeln in Betracht, welche anfänglich eine andere Bedeutung haben. Der Dornfortsatz, Processus spinosus, ist ein unpaarer Fortsatz, welcher den Wirbelkanal nach der gefährdetsten Stelle, der Oberfläche des Rückens zu, schützt (Abb. 9). Die Spitzen der Dornen liegen so oberflächlich, daß sie stets unter der Haut zu fühlen oder sogar — je nach Dicke der Haut und Region des Rückens — zu sehen sind (Abb. 87). Der Querfortsatz, Proc. transversus, stützt jederseits die Rippe, so daß diese nicht nur mit dem Wirbelkörper, sondern auch mit der Spitze dieses Fortsatzes verbunden ist (Abb. 9). Ursprünglich hat jedes Metamer Rippen, wie noch jetzt bei den Schlangen zu sehen ist, die ihre Rippen statt der Extremitäten zum Kriechen benutzen und deshalb im Vollbesitz dieser Skeletteile geblieben sind. Meist gehen die Rippen auf größere Strecken verloren, weil dadurch eine freiere Beweglichkeit der Wirbelsäule für die betreffende Körperregion (Hals, Lende) möglich wird. Nur Reste der Rippen bleiben übrig, und zwar solche Stücke, welche für Muskelansätze (und für Bandansätze) in Betracht kommen; denn es ist klar, daß die Rippe den günstigsten Hebelarm für die Bewegung der Wirbel bildet. Es ist gerade so, wie man einen Menschen leicht herum drehen kann, wenn man die Hand des ausgestreckten Armes packt, während es viel schwerer ist, ihn durch Griff am Körper selbst zu drehen. In der Lendenwirbelsäule ist die Partie der Rippe, die stehen bleibt, besonders groß. Sie verwächst mit dem Querfortsatz und tritt scheinbar an die Stelle von diesem (Abb. 46). Man nennt das Rippenrudiment Processus costarius s. lateralis; die Spitze des ursprünglichen Querfortsatzes heißt Processus accessorius (Abb. 49b, c). Der letztere Name ist sehr unglücklich, aber aus früherer Zeit eingebürgert; der Höcker ist keine neue Zutat, sondern ein alter Besitz, der die alten Beziehungen zu Nachbarknochen und -muskeln beibehält, wie sich noch des Näheren zeigen wird. In der Halswirbelsäule verwächst ebenfalls ein Rippenrudiment mit dem Querfortsatz, doch ist dies kürzer und verschmilzt nur partiell mit letzterem, um Gefäßen Platz zu lassen, die an dieser Stelle längs den Wirbelkörpern verlaufen

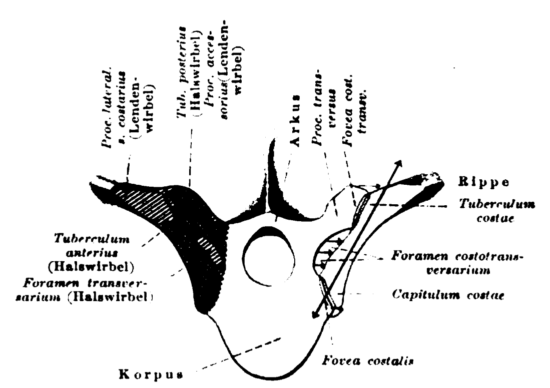


Abb. 46. Wirbel mit Rippe (Schema); rechts vom Beschauer Brustwirbel mit ausgebildeter Rippe (vgl. Abb. 66); links: schräg schraffiert das Rippenrudiment und der Gesamtquerfortsatz eines Lendenwirbels, kreuzweise schraffiert der Gesamtquerfortsatz eines Halswirbels (vgl. Abb. 49b und Abb. 47c).

(Abb. 46, 47). Der Halswirbel ist infolgedessen an beiden Seiten durchbohrt: Foramen transversarium; das Loch entspricht dem Foramen costotransversarium der Brustwirbel. Der Querfortsatz des Halswirbels hat zwei Endhöckerchen, Tuberculum anterius et posterius, von denen das eine dem ursprünglichen Querfortsatz, das andere der Rippe entspricht. Man nennt von alters her das ganze Gebilde Processus transversus des Halswirbels, obgleich nur ein Teil wirklich dem Querfortsatz entspricht.

Die Bezeichnung „Querfortsatz, Proc. transversus" ist also in einem engeren und weiteren Sinne gebräuchlich. Bei den Brustwirbeln benennt man so im engeren Sinne: „nur Wirbelfortsätze"; bei den Hals- und Lendenwirbeln heißen so im weiteren Sinn: „Wirbelfortsätze plus Rippenrudimente."

Akzessorische Knochenkerne

Die Verknöcherung der Wirbelfortsätze vollzieht sich im allgemeinen zwischen dem 8. und 15., die Vereinigung der separaten Knochenkerne mit dem Wirbel im 16.—25. Lebensjahr. Die Rippenrudimente verhalten sich bei der Ossifikation ganz wie echte Rippen.

II. Verschiedenheiten der Wirbel im einzelnen.

Es gibt in der Regel 7 Halswirbel, Vertebrae cervicales, 12 Brustwirbel, V. thoracales, 5 Lendenwirbel, V. lumbales, die getrennt sind und bleiben. Es folgen noch 5 Kreuzbeinwirbel, V. sacrales; da das Kreuzbein, Os sacrum, als Schlußstein in den Beckenring eingefügt ist, sind die 5 Kreuzwirbel zu einem Knochenstück verschmolzen, ebenso meist 4 (auch 3, 5 oder 6) rudimentäre Steißwirbel, V. coccygeae. Das sind insgesamt ca. 33 Wirbel. Die erste Gruppe mit konstanter Wirbelzahl nennt man auch wahre Wirbel (V. verae, 24 Stück), die zweite mit inkonstanter Wirbelzahl falsche Wirbel (V. spuriae, 8—11 Stück). Wir verfolgen anschließend im Detail die Merkmale durch die verschiedenen Gruppen, deren Bedeutung aus dem Vorhergehenden abzuleiten ist oder noch durch die übrigen Beziehungen zu passiven und aktiven Bestandteilen des Bewegungsapparates aufgehellt werden wird. Die Diagnose einer jeden Wirbelkategorie für sich wird leicht aus Abb. 45—50 erkannt werden können. Von den beiden ersten Halswirbeln, Atlas und Epistropheus, sehe ich zunächst ab, weil sie ihrer Eigenart wegen eine besondere Betrachtung erfordern (Drehwirbel für den Kopf).

Wirbelkörper, Corpus Abb. 45—50

Der Wirbelkörper, Corpus, nimmt im allgemeinen von oben nach unten an Höhe, Fläche und Masse allmählich zu; beim 4.—6. Brustwirbel besteht gegenüber den vorhergehenden Stillstand oder sogar geringe Abnahme dieser drei Eigenschaften. Beim Kreuz- und Steißbein begrenzen knöcherne Lineae transversae oberflächlich und im Innern die ursprünglichen Körper; beim Steißbein ist der Zusammenhang oft nur knorplig.

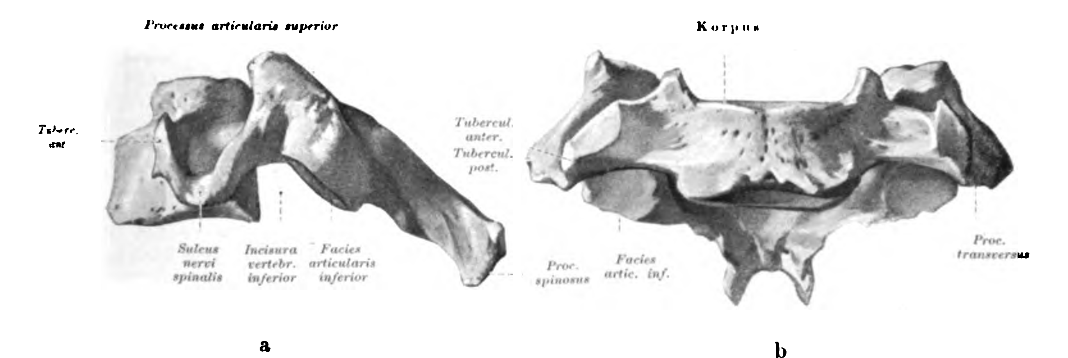
Ein Horizontalschnitt durch den Körper ist bei den Halswirbeln viereckig, bei den Brustwirbeln dreieckig, bei beiden mit abgerundeten Ecken, bei den Lendenwirbeln bohnenförmig. Die oberen und unteren Oberflächen (nach den Zwischenwirbelscheiben zu) nähern sich, je größer die Körper sind, um so mehr einer planen Fläche. Nur an den Halswirbelkörpern ist die Krümmung erkennbar, welche den Kugelbewegungen dieser Wirbel gegeneinander entspricht. Die obere Fläche ist hier konkav von rechts nach links, die untere von vorn nach hinten (Abb. 47a, b). Die beiden einander zugewendeten Flächen legen sich ineinander wie die Höhlungen zweier Hände beim Handschlag. Die Zwischenwirbelscheibe füllt den Zwischenraum aus (Voll- oder Füllgelenk).

Die Vorderflächen der Körper sind gegenüber den Rändern etwas eingezogen, das Innere ist spongiös (Abb. 61). Über die Gelenkpfannen für die Rippen siehe S. 78.

Wirbelbogen, Arcus Abb. 45—50

An den Wirbelbogen, Arcus, unterscheiden wir die Wurzel, Radix, von dem eigentlichen, durch Fortsätze verstärkten Bogenstück (Seitenstücke und Schlußstück).

Die Wurzel wird von oben her durch einen seichten, von unten her durch einen tieferen Einschnitt eingeengt, Incisura vertebralis sup. et inf., welche für zwei Nachbarwirbel so zusammenpassen, daß jederseits eine Passage zwischen Wirbel-



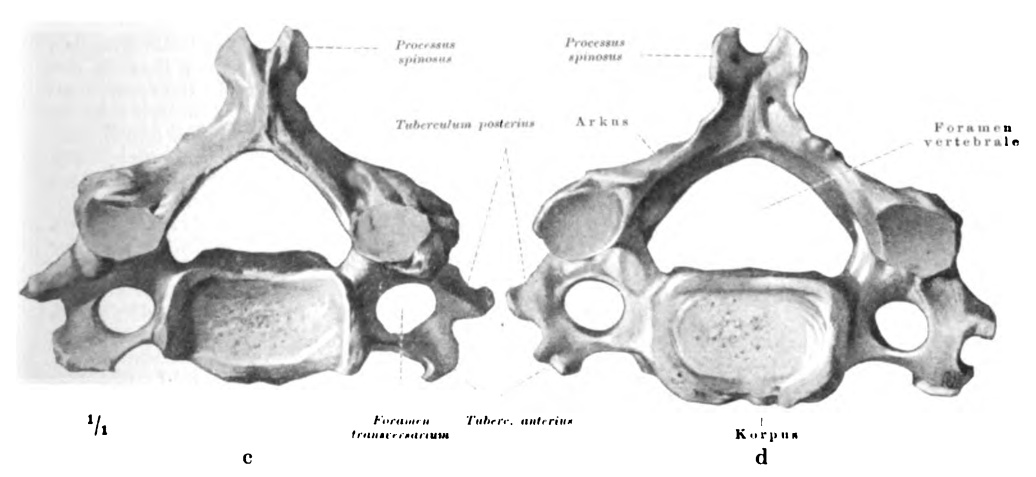


Abb. 47. 5. **Halswirbel.** a) von der Seite; b) von vorn; c) von oben; d) von unten.

kanal und Außenwelt freibleibt, **Foramen intervertebrale** (Abb. 61). Hier verlassen Nerven den Rückenmarkskanal und Gefäße können ein- oder austreten. Diese Stelle bleibt von Anfang an ausgespart und bedingt die Form der Wurzel.

Je größer das Foramen vertebrale, d. h. der Rückenmarksquerschnitt und je kleiner der Wirbelkörper ist, um so mehr muß die Radix seitlich ausladen, um den Kanal zu weiten; bei Umkehr dieser Größenverhältnisse ändert sich entsprechend die Stellung der Radix. Bei den Halswirbeln verläuft sie stark lateralwärts (Abb. 47c), bei den Brustwirbeln mehr oder weniger sagittal (Abb. 45c), bei den Lendenwirbeln rein sagittal (Abb. 49b).

Abb. 48. 12. Brustwirbel.

Wirbelloch, Foramen vertebrale Abb. 45—50

Das **Foramen vertebrale** wechselt infolgedessen seine Form. Bei den Hals- und Lendenwirbeln ist es dreiseitig, im ersteren Fall relativ groß, im letzteren Fall kleiner. Bei den Brustwirbeln ist es rund. Der Sakralkanal ist frontal abgeplattet (Abb. 232, 236). Die Durchmesser nehmen von den Hals- zu den Brustwirbeln ab, bei den Lendenwirbeln wieder etwas zu und

sind am Kreuzbein am kleinsten. Die Zunahme in der Lendengegend, welche das Kaliber des Wirbelloches an dieser Stelle dem unteren Halswirbel nähert oder darüber hinausführt, hat ihre Ursache darin, daß an beiden Stellen die Nervenursprünge für die Extremitäten liegen (Intumescentiae des Rückenmarkes). Das Rückenmark (resp. die frei dem Wirbelkanal eingeschlossenen Nerven) fordern bei Bewegungen einen gewissen Spielraum zwischen Rückenmark und Knochen, um Abscherungen zu vermeiden. Da Hals- und Lendenwirbel eine größere Beweglichkeit als andere Wirbel haben, so wirken beide Faktoren in der gleichen Richtung.

Gelenkfortsatz, Processus articularis, Abb. 45—50

Die vier überknorpelten Gelenkfortsätze eines jeden Wirbels, Processus articulares, haben bei den Halswirbeln Gelenkflächen, welche plan, ein wenig nach hinten geneigt und so zueinander gestellt sind, daß die Flächen rechts und links fast in der gleichen Flucht liegen wie bei Ausschnitten aus einer Ebene (Abb. 47a, c). Bei den Brustwirbeln sind sie gleichfalls plan, aber stark gesenkt, fast frontal gestellt und gegeneinander geneigt (Abb. 45a, c). Sie sind Ausschnitte aus der Wand einer Kugelfläche, deren Zentrum nach vorn vom Rückgratkanal liegt. Bei den Lendenwirbeln stehen die Gelenkflächen senkrecht, fast sagittal und gehören einer Zylinderfläche an, deren Achse nach hinten vom Rückgratkanal liegt (Abb. 49). Die Gelenkflächen des oberen von zwei Lendenwirbeln stekken in denen des unteren, wie ein zylindrischer Zapfen in einem Hohlzylinder sitzt. Der untere Gelenkfortsatz des letzten Brustwirbels steht bereits so (Abb. 48). Das Sakrum trägt an seinem oberen Ende, Basis, die Lendenwirbel ganz wesentlich mit Gelenkfortsätzen, die zu denen des letzten Lendenwirbels passen und wie diese mehr frontal stehen; die übrigen sind verwachsen, aber auf der Hinterfläche als Höcker in der Flucht einer Crista sacralis articularis zu erkennen (medial von den Löchern der Hinterfläche, Abb. 50). Nach unten ist der Arkus verschwunden, bis auf das Stück, welches den Gelenkfortsatz trägt; es entsteht eine Lücke auf der Hinterfläche, Hiatus sacralis, die um so weiter nach oben hinauf greift, je mehr auch der zweitletzte Sakralbogen von der Rückbildung betroffen ist. Die freigelegten Bogenstümpfe heißen Cornua sacralia. Das untere Ende des Sakrum, Apex, wird nur vom Wirbelkörper gebildet. Beim Steißbein ist am obersten Wirbel der obere Gelenkfortsatz noch angedeutet, Cornu coccygeum (Abb. 50); sonst besteht es aus Körperrudimenten ohne Bogenreste.

Abb. 49. 2. Lendenwirbel. a) von der Seite; b) von oben; c) von hinten.

Querfortsatz, Processus lateralis im engeren und weiteren Sinn, Abb. 45—50

Die Querfortsätze, **Processus laterales**, und die **vertebralen Rippenenden** sind bei den Brustwirbeln voneinander getrennt, bei den Hals-, Lenden- und Sakralwirbeln miteinander verschmolzen, endlich bei den Steißwirbeln in Wegfall gekommen. Bei den Halswirbeln (Abb. 47c, d) besteht ein **Foramen transversarium**, welches beim 1.—6. Halswirbel weit und für zwei Gefäße (Arteria und Vena vertebralis) bestimmt ist; beim 7. Halswirbel ist es eng, weil es meistens nur von der Vene benutzt wird. Das **Tuberculum anterius** und **Tuberculum posterius** sind für die Halswirbel charakteristisch, nur ist gewöhnlich das vordere beim 7. Halswirbel sehr klein oder ganz reduziert, um der Art. vertebralis den Weg in den 6. Halswirbel freizugeben. Infolgedessen springt beim 6. Halswirbel das Tuberculum anterius relativ vor; es ist aber auch absolut größer als bei den übrigen und durch die Haut sowohl lateral wie medial vom Musculus sternocleidomastoideus gegenüber dem unteren Schildknorpelrand zu fühlen. (Man kann übrigens auch die höheren Querfortsätze bis zum 3. Wirbel von diesen Stellen aus am Hals palpieren, die oberen Wirbelkörper von der Mundhöhle aus.) Der Querfortsatz des 6. Halswirbels ist deshalb besonders wichtig, weil beiderseits die große Halsschlagader, Arteria carotis, vor ihm liegt; sie kann auf seinem Tub. ant. komprimiert werden (1. Nothilfe). Auf diese Weise kann bei Verletzungen schnell eine starke Blutung ohne chirurgischen Eingriff vermindert oder gestillt werden: **Tuberculum caroticum** (CHASSAIGNACscher Höcker).

An den Brustwirbeln sind die Rippen an zwei Stellen angefügt, welche flache Knorpelpfannen, **Foveae costales** tragen (Abb. 45, 48), eine am Körper für das Rippenköpfchen und eine nahe der Spitze des Querfortsatzes für einen besonderen Rippenhöcker (Tuberculum costae, Abb. 46). Die letztere ist immer einheitlich, die erstere nicht. Das Köpfchen der 1., 11. und 12. Rippe artikuliert am Körper des 1., 11. und 12. Brust-

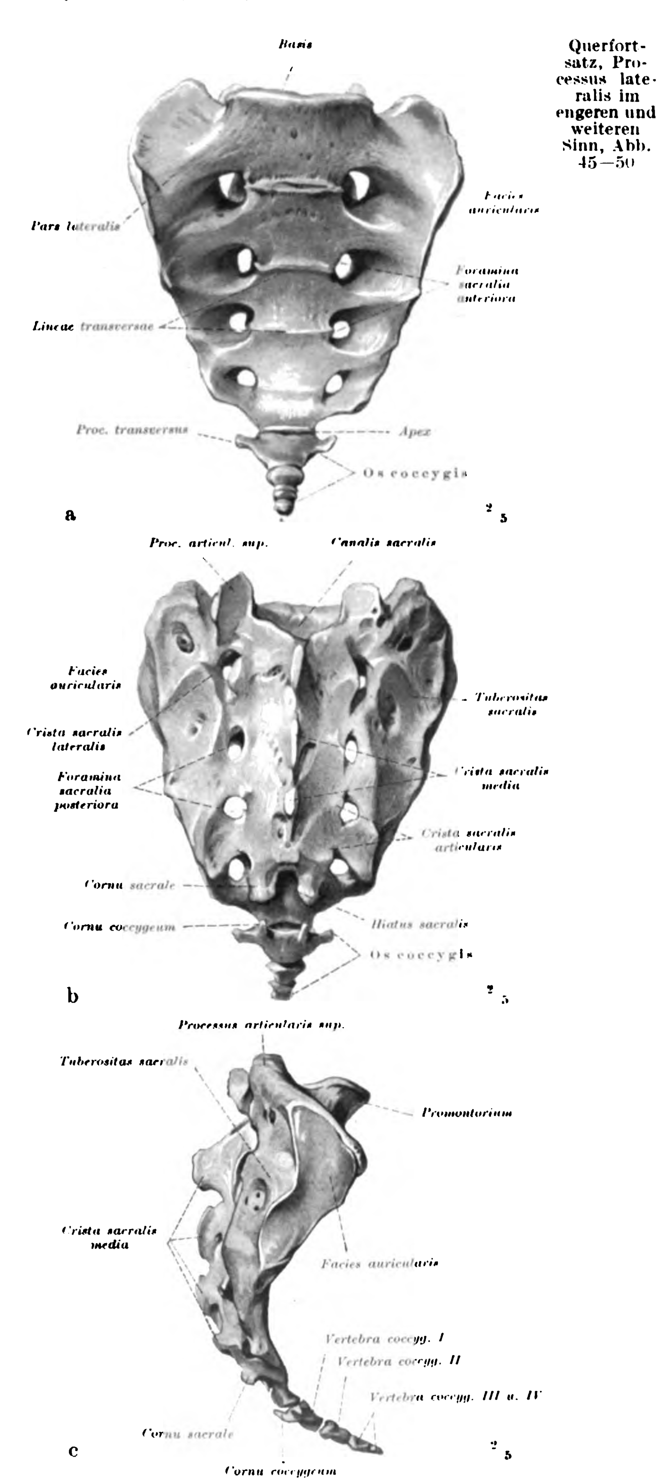


Abb. 50. **Kreuzbein.** a) von vorn; b) von hinten; c) von der Seite.

wirbels mit einer einheitlichen Fovea costalis (Abb. 48), die also einem Wirbelkörper angehört, von dem auch entwicklungsgeschichtlich die betreffende Rippe abstammt. Alle übrigen Rippen fügen sich mit ihrem Köpfchen zwischen zwei Wirbel ein. Da sie ihrer Entwicklung nach dem kranialen Abschnitt des Wirbels entstammen, erreichen sie den kaudalen Rand des nächst höheren Wirbels, sobald sie sich vergrößern. Die Zwischenwirbelscheibe trennt die Gelenkhöhle in zwei Kammern (Abb. 67, 68). Deshalb hat von zwei Nachbarwirbeln der untere an seinem kranialen Rand und der obere an seinem kaudalen Rand eine Fovea für die gleiche Rippe. Jede entspricht einem halben Rippenköpfchen (Halbpfanne). Doch ist die untere Halbpfanne eines Rippenköpfchens als die ursprünglichere immer größer als die obere (Abb. 45a). Die Rippe lehnt sich auch stets an den Querfortsatz ihres Mutterwirbels an, also an den Querfortsatz des unteren der beiden Wirbel, welche das Köpfchen der betreffenden Rippen tragen. Es ergeben sich daraus an den Körpern der verschiedenen Brustwirbel diagnostisch wichtige Unterschiede der Gelenkfacetten, die wir als Ganz- und Halbpfannen bezeichnen, je nachdem sie ein ganzes oder ein halbes Rippenköpfchen tragen. Der 2.—9. Brustwirbel hat beiderseits zwei Halbpfannen (für die 2.—9. Rippe, Abb. 45a), der 1. Brustwirbel hat ebenfalls zwei Foveae, eine Ganz- und eine Halbpfanne (für die 1. und 2. Rippe), der 11. und 12. Brustwirbel hat nur eine Fovea, und zwar je eine Ganzpfanne (für die 11. und 12. Rippe, Abb. 48), der 10. Brustwirbel hat ebenfalls eine Fovea, und zwar eine Halbpfanne (für die 10. Rippe).

Die Lendenwirbel haben Processus laterales s. costarii, welche als Rippenrudimente dort am Körper knöchern angelötet sind, wo die Fovea costalis des Wirbelkörpers liegen müßte (Abb. 46). Sie sind wie die Rippen der unteren Brustwirbel nach der Mitte der Körper verschoben. Aber mit der ursprünglichen Entstehungsstätte am kranialen Wirbelrand stimmt noch überein, daß ein besonderer Nebenhöcker für Muskeln auf die oberen Gelenkfortsätze gelangen konnte, Processus mamillaris (Abb. 49b, c). Er pflegt nur bei den oberen Lendenwirbeln deutlich zu sein. Der Processus accessorius, d. h. ein äußerlich sichtbarer Rest des eigentlichen Querfortsatzes (Abb. 46, 49b, c), ist nicht immer deutlich. Namentlich an den unteren Lendenwirbeln ist er in die Umgebung einnivelliert, aber die zugehörigen Muskeln gehen immer an die betreffende Stelle, die an Muskelansätzen und an Rauhigkeiten erkennbar bleibt.

Das Kreuzbein ist wesentlich gefestigt durch die Verschmelzung derjenigen Wirbelteile, welche den Processus laterales und accessorii der Lendenwirbel entsprechen. Man nennt sie am Kreuzbein Partes laterales (Abb. 50a). Die Crista sacralis lateralis an der Hinterfläche des Knochens, außen von den Kreuzbeinlöchern, setzt sich aus einer Flucht prominierender Spitzen der Processus accessorii zusammen und ist oben meist deutlicher als unten. Jeder Sakralwirbel besitzt Rippenrudimente, welche in den Partes laterales stecken. Sie treten regelmäßig im 5.—7. Fötalmonat als separate Knochenkerne bei den drei ersten Sakralwirbeln auf (Abb. 76); sie vereinigen sich zu der Pars lateralis, weil sie die wichtige Gelenkfläche des Kreuzbeines für das Hüftbein, Facies auricularis (Abb. 50c), zu tragen hat. Bei den folgenden Wirbeln ist die Verknöcherung in separaten Zentren individuell wechselnd und immer stark verspätet, doch ist wohl immer Rippenmaterial bei ihnen im Seitenrand des Kreuzbeins vorhanden, wie das Vorkommen der vorderen Kreuzbeinlöcher wahrscheinlich macht. Die Kreuzbeinlöcher, Foramina sacralia, sind die notwendige Folge der Konkreszenz der Seitenfortsätze der Wirbel untereinander. Es muß dabei für die Nerven und Gefäße, welche die Zwischenwirbellöcher passieren, ein Weg dorsalwärts und ventralwärts ausgespart bleiben (Abb. 67, Pfeile). Die Kreuzbeinlöcher haben also nur indirekt etwas mit den Zwischenwirbellöchern zu tun, doch sind sie durch die Verstärkungsbänder der Rippengelenke vorgebildet (die Ligamenta costotransversaria anteriora und posteriora liegen an entsprechender Stelle und werden beim Ossifikationsprozeß einbezogen). Die sagittal gestellte Knochenlücke aller übrigen Wirbel wandelt sich beim Kreuzbein in ein T-Rohr um; sein Horizontalschenkel erreicht die Vorderfläche des Sakrum als Foramen anterius, die Hinterfläche als Foramen posterius, der Vertikalschenkel ist das ursprüngliche Zwischenwirbelloch. Nach der Lage der Kreuzbeinlöcher ist daher zu vermuten, daß die kostale Komponente bis zum apikalen Ende des Knochens reicht.

Dornfortsatz, Processus spinosus, Abb. 45—50

Die Dornfortsätze, Processus spinosi, sind bei den Halswirbeln gablig (Abb. 47); denn das unpaare Nackenband reicht an die Bogen so nahe heran, daß die Dornfortsätze nach den Seiten ausweichen und das Band umfassen (z. B. Abb. 140b). Es befestigt sich an der Vorderfläche des 7. Halsdorns, der besonders groß, immer leicht durch die Haut abzutasten und fast immer zu sehen ist (Vertebra prominens). Dieser Dorn ist infolgedessen nicht gegabelt, manchmal

auch nicht der 6. Dorn, weil das Nackenband beim Menschen wenig und wechselnd entwickelt ist, was, wie wir noch sehen werden, mit dem aufrechten Gang zusammenhängt. Es kann in seltenen Fällen der 6. Dorn sogar den 7. ganz vertreten. Die Vertebra prominens springt aus der Flucht der Halsdornen vor wie eine vorgebaute Haustreppe aus der Häuserflucht: an diesen Dorn stößt der Finger des Untersuchers, welcher von oben her der Nackenrinne folgt, so daß er die obere Kante berührt, nicht nur die Spitze.

Bei den Brustwirbeln sind die Dornfortsätze viel größer, einheitlich und stark abwärts abgebogen (Abb. 45a), so daß die Spitze bis in das Niveau des übernächsten Querfortsatzes reichen kann. Daran ist bei der Zählung der Wirbel stets zu denken! Bei Rumpfbeuge sind die Dornen immer deutlich sichtbar. Selbst in dieser Stellung überdecken sie sich wie Dachziegel, um so mehr natürlich in jeder anderen Stellung der Wirbelsäule (Abb. 62).

Bei den Lendenwirbeln sind die Dornfortsätze sehr stark, beilförmig, gerade nach hinten gerichtet (Abb. 49a). Hier kann am ehesten ein künstlicher Zugang zum Wirbelkanal zwischen den Dornen und Bogen zweier Nachbarwirbel geschaffen werden, besonders wenn in Rumpfbeugestellung die Distanzen vergrößert sind (Lumbalpunktion für die Entnahme oder Einführung von Flüssigkeit).

An der Hinterfläche des Kreuzbeins sind die 4 (seltener 3) obersten Dornen noch erkennbar und gemeinsam als Crista sacralis media bezeichnet (Abb. 50b, c).

III. Die tiefen Rückenmuskeln als aktive Bewegungsfaktoren.

Nirgends ist es leichter, die Knochen zu einem naturähnlichen Ganzen zu verbinden als bei der Wirbelsäule. Trotzdem wäre es falsch zu glauben, die Tragsäule im lebendigen Körper sei durch das Ineinandergreifen ihrer Wirbel, durch Bänder und Bandscheiben passiv in sich gestützt, wie es bei einem Knochenmann im Theatrum anatomicum mittels Filzscheiben und Draht üblich ist. Die „Tragsäule" wird vielmehr zum nicht geringen Teil selbst getragen durch das aktive Element des Rückens, die Muskeln. Es geht dies schon daraus hervor, daß bei Übermüdungen anschließend an die Muskelerschlaffung Verbiegungen und dauernde Verkrümmungen der Wirbelsäule beobachtet werden (langes Sitzen bei Kindern). Frauen, welche andauernd die Muskeltätigkeit durch ein starres Korsett ersetzen, können schließlich ohne dieses nicht mehr auskommen, weil der aktive Faktor (Rückenmuskeln) geschädigt und nicht mehr imstande ist, den passiven (Wirbelsäule) genügend zu unterstützen. Noch bedeutungsvoller ist selbstverständlich die Muskulatur für alle Haltungen der Wirbelsäule bei der Bewegung des Körpers. Wir betrachten deshalb, ehe wir die Zusammenfügung der Wirbel und die Form der Wirbelsäule besprechen, die für das Verständnis dieser Dinge unentbehrlichen Muskeln und beginnen mit denjenigen, welche den Wirbeln am nächsten liegen (Tabelle).

Rückenmuskeln.

Ursprung = o (origo); Insertion = i (insertio).

I. Autochthone Rückenmuskeln (Erector trunci).

A. Kurze Muskeln.

1. Mm. interspinales (S. 90).
   o und i: Spitze der Dornfortsätze, am Hals von den beiden Gabelzinken. Kommen an allen Wirbeln mit Ausnahme der mittleren Brustwirbel (4.—10.) vor, am Sacrum Rudimente.
2. M. sacrococcygeus posterior. Rudiment (S. 91).
3. Mm. intertransversarii (zum Teil siehe No. 15). (S. 90.)
   o und i: mediale Gruppe der Lendenportion: Processus mamillares et accessorii der Lendenwirbel.
   hintere Gruppe der Halsportion: hintere Höcker der Querfortsätze der Halswirbel.
4. M. obliquus capitis superior (S. 91).
   o: Querfortsatz des Atlas.
   i: Seitenteil der unteren Nackenlinie.



5. M. rectus capitis post. minor (S. 91).
   o: Tuberculum posterius atlantis.
   i: medial unterhalb der unteren Nackenlinie (Linea nuchae inf.) am Planum nuchale.
6. M. obliquus capitis inferior (S. 91).
   o: Dornfortsatz des Epistropheus.
   i: Querfortsatz des Atlas.
7. M. rectus capitis post. major (S. 91).
   o: Dornfortsatz des Epistropheus.
   i: Planum nuchale am mittleren Drittel der Linea nuchae inferior.
8. Mm. rotatores (S. 91).
   Rotatores breves:
   o: oberer und hinterer Teil der Querfortsätze der Brustwirbel.
   i: Außenfläche der Bogenbasis.
   Rotatores longi:
   o: Querfortsätze aller Wirbel (außer Atlas) und Hinterfläche des Sakrum.
   i: Dornfortsätze.

B. Lange Muskeln.

a) Nach Art der Rotatores: transversospinales System.

9. M. multifidus (S. 94).
   o: Hintere Kreuzbeinfläche herab bis zum 4. Foramen sacrale post., Lig. sacroiliacum posterius, Crista iliaca, Fascia lumbodorsalis; Processus mamillares der Lendenwirbel, Querfortsätze aller Brustwirbel, Gelenkfortsätze des 7.—4. Halswirbels.
   i: Dornfortsätze der Lendenwirbel, der Brustwirbel und des 7.—2. Halswirbels, Spangen der Wirbelbogen.
10. M. semispinalis (S. 95).
   Pars cervicis et thoracis:
   o: Querfortsätze aller Brustwirbel.
   i: Dornfortsätze der 5—6 oberen Brustwirbel und des 7.—2. Halswirbels
   Pars capitis:
   o: Querfortsätze des (8.) 6.—1. Brust- und 7.—4. Halswirbels, Proc. articulares letzterer.
   i: Schuppe des Occipitale, medial zwischen oberer und unterer Nackenlinie.

b) Nach Art der Interspinales: Spinales System.

11. M. spinalis (S. 97).
   Pars thoracis:
   o: Dornfortsätze oberer Lenden- (1.—3.) und unterer Brustwirbel (12.—10.).
   i: Dornen des 8.—2. Brustwirbels. Der 9. Wirbel wird meistens übersprungen.
   Pars cervicis:
   o: Dornfortsätze oberer Brustwirbel (2., 1.) und unterer Halswirbel (7., 6.).
   i: Dornfortsätze des 4.—2. Halswirbels. Der 5. Wirbel bleibt meistens frei.
   Pars capitis (nur als Varietät):
   o: Dornfortsätze oberer Brust- und unterer Halswirbel.
   i: Hinterhauptsbein in der Nähe der Protuberantia occipitalis externa.

c) Nach Art der Intertransversarii: Sakrospinales System.

12. M. iliocostalis (S. 99).
   Pars lumborum:
   o: Darmbeinkamm, Crista sacralis lateralis, Fascia lumbodorsalis.
   i: Processus laterales oberer Lendenwirbel und tiefes Blatt der Fascia lumbodorsalis, Winkel (Anguli) der unteren 6 oder 9 Rippen.
   Pars thoracis:
   o: Winkel der 12.—7. Rippe, medial von den Anheftungen des Iliocostalis lumborum.
   i: Winkel der 6 oder 5 oberen Rippen.
   Pars cervicis (stets mit der Pars thoracis zusammenhängend):
   o: Winkel der (7.) 6.—3. Rippe, medial von den Anheftungen des Iliocostalis thoracis.
   i: Querfortsätze des 6.—4. (3.) Halswirbels (hintere Höcker).

13. M. longissimus (S. 100).
 Pars lumborum:
 o: mit Aponeurose von 4 oberen Kreuzbeinwirbeln, von der Crista sacralis lateralis, vom Lig. sacroiliacum post. long. und vom hinteren Teil der Crista iliaca.
 i: die lateralen zu den Processus laterales und zu dem tiefen Blatt der Fascia lumbodorsalis, die medialen zu den Processus accessorii der Lendenwirbel.
 Pars thoracis:
 o: von der oberflächlichen Aponeurose des Sakrospinalis, von obersten Dornen des Kreuzbeins, der Lenden- und der unteren Brustwirbel; akzessorische Zacken von den Querfortsätzen der unteren 6 oder 7 thorakalen Wirbel (Proc. mamill. des 1. oder 2. Lendenwirbels).
 i: laterale Insertionen zu den Winkeln der 12.—2. Rippe, mediale zu den hinteren Höckern der Querfortsätze aller Brustwirbel.
 Pars cervicis:
 o: von den Querfortsätzen der oberen 4—6 Brust- und der unteren Halswirbel.
 i: Querfortsätze des 5.—2. (1.) Halswirbels (hintere Höcker).
 Pars capitis:
 o: an den Querfortsätzen oberer Brustwirbel (3.—1.) und unterer Halswirbel (7.—3.).
 i: Processus mastoides des Schläfenbeins.

d) Spinotransversales System.

14. M. splenius (S. 102).
 Pars cervicis:
 o: Dornfortsätze des 5. (6.) bis 3. Brustwirbels.
 i: hinterer Höcker des Querfortsatzes des 3. Halswirbels.
 Pars capitis:
 o: Dornfortsätze des 3.—1. Brustwirbels. Dorn des 7. Halswirbels, Nackenband von Vertebra prominens bis 3. Halsdorn.
 i: lateraler Abschnitt der Linea nuchae superior, Proc. mastoides.

II. Rückenmuskeln ventraler Abkunft.

15. Mm. intertransversarii (zum Teil siehe No. 2). (S. 106.)
 o und i: Processus laterales der Lendenwirbel (laterale Gruppe); vordere Höcker der Querfortsätze der Halswirbel (vordere Gruppe).
16. M. rectus capitis lateralis (S. 106).
 o: vordere Spange des Querfortsatzes des Atlas.
 i: Processus jugularis des Okzipitale.
17. Mm. levatores costarum (S. 106).
 o: Querfortsätze des 7. Halswirbels und der oberen 11 Brustwirbel.
 i: Winkel je der nächsten und (bei den letzten 4 Rippen) je der übernächsten Rippe.
18. M. serratus posterior superior (S. 107).
 o: Nackenband, Dornen des 6. und 7. Hals-, des 1. und 2. Brustwirbels.
 i: 2.—4. (5.) Rippe (jenseits der Insertionen des Iliokostalis).
19. M. serratus posterior inferior (S. 107).
 o: Fascia lumbodorsalis in der Höhe oberer Lenden- und unterer Brustwirbel.
 i: 12.—9. (10.) Rippe (jenseits der Insertionen des Iliokostalis).
20. Extremitätenmuskeln (oberflächliche Rückenmuskeln, siehe Schultermuskeln).

1. Autochthone Rückenmuskeln (Erector trunci).

Frühere Betrachtungen haben uns gelehrt, daß es Rückenmuskeln gibt, welche stets und immer dem Rücken eigen waren zum Unterschied von sehr verschiedenartigen anderen Muskeln, welche in dieses Gebiet erst nachträglich eindrangen. Jene Eigenmuskeln des Rückens bilden zwei große Muskelzüge, welche auf jeder Körperseite zwischen die Dornfortsätze einerseits und die Querfortsätze und Rippen andrerseits eingelagert sind. Der eine ist der mediale, der andere der laterale autochthone Muskeltrakt (mediale und laterale Rückenmuskeln, Abb. 9). Sie sind in nächster Nähe des Skeletts noch

aus sehr primitiven, kurzen Muskeln zusammengesetzt und bergen in sich alle Übergänge zu komplizierter gebauten Muskeln. Indem wir die Muskeln von innen heraus aufbauen (synthetische Methode), gehen wir vom einfachsten Typus aus und erheben uns allmählich zum höchsten Individuum der zur Verwendung kommenden Muskeln.

Wir lernen hier die schönsten Belege für die Muskelentstehung kennen (siehe die theoretische Darstellung in einem früheren Kapitel, S. 65). So hat diese Muskulatur des Menschen außer der unmittelbaren Bedeutung für das Gebiet des Rückens eine viel ausgedehntere für die Gestaltung unserer Muskeln überhaupt. Bei der Beschreibung der Einzelmuskeln sei wegen vieler Details auf die Tabelle verwiesen.

a) Kurze Muskeln: Die Grundtypen der tiefen Rückenmuskeln (Tabelle Nr. 1—8).

Die niederen Wirbeltiere (Fische, geschwänzte Amphibien, Abb. 51) haben eine rein metamere Rückenmuskulatur; deshalb kann man bei jedem Eßfisch die durch das Kochen erweichten Zwischensehnen mit der Gabel lösen und die Muskeln in Scheiben (Metameren) zerlegen. Die Zwischensehnen haben beim Skelett des Menschen Befestigung an den benachbarten Knochen gefunden; metamere Muskelfasern gehen deshalb, wo sie vorkommen, von einem Wirbel oder Wirbelderivat zum nächstfolgenden.

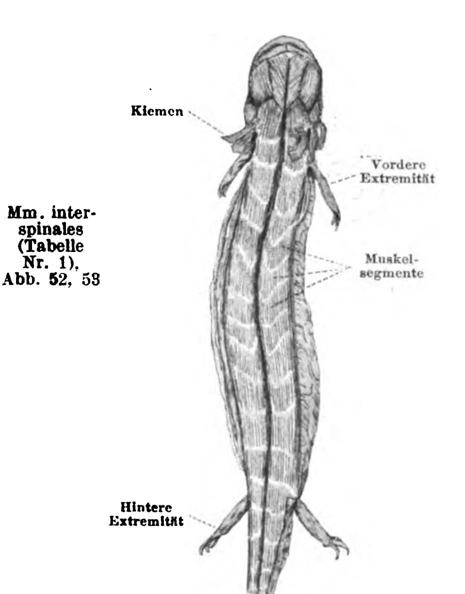


Abb. 51. Rückenmuskulatur eines geschwänzten Amphibs (Menobranchus lateralis).

Mm. interspinales (Tabelle Nr. 1), Abb. 52, 53

Die Musculi interspinales gehören zum medialen Muskeltrakt. Sie kommen zwischen allen Wirbeln des Hals- und Lendenteiles vor (Abb. 52 zeigt in jedem Abschnitt nur zwei Repräsentanten statt aller). Sie sitzen zwischen den Wirbeldornen und entfalten eine relativ beträchtliche Hebelkraft, da diese Muskelapophysen weit nach hinten ausladen. Die wirksamsten Befestigungsstellen sind für sie die Spitzen der Dornen. Bei den gabelförmig gespaltenen Halsdornen gibt es infolgedessen zwei Interspinales. An der Brustwirbelsäule sind sie bedeutungslos geworden und meistens verschwunden, weil die Dornfortsätze zu stark abwärts geneigt und ganz in den Dienst einer anderen Art kurzer Muskeln getreten sind (Rotatores). Ebensowenig kommen sie für das Kreuzbein in Betracht; doch finden sich Reste gelegentlich zwischen Kreuz- und Steißbein innerhalb des folgenden Muskels.

M. sacrococc. post. (Tab. Nr. 2), Abb. 52

Musculus sacrococcygeus posterior. Der Muskel ist ein Rudiment, in welchem außer Fasern des vorigen vielleicht auch Reste der übrigen kurzen Muskeln stecken.

Dorsale Mm. intertransversarii (Tab. Nr. 3), Abb. 52, 53, 97

Musculi intertransversarii. Es sind metamere Muskeln des lateralen Muskeltraktes. Solche haben sich in den gleichen Körperregionen erhalten wie die Interspinales bei dem medialen Trakt. Die Intertransversarii tragen ihren Namen, weil sie an den Querfortsätzen Posto gefaßt haben. Infolgedessen sitzen sie bei den Halswirbeln an den Tubercula posteriora und bei den Lendenwirbeln an den Processus accessorii und mamillares (Abb. 52). Da es an den

Rippenrudimenten dieser Knochen auch Intertransversarii ventralen Ursprungs gibt, so werden die dorsalen Muskeln dieser Art am Hals als Mm. intertransversarii posteriores, an der Lende als Mm. intertr. mediales von den ventralen Muskeln gleichen Namens unterschieden (Abb. 97).

Da manche Intertransversarii mediales der Lende aus zwei Bündelchen bestehen (Abb. 97), so nennt man sie auch Intertransv. posteriores mediales et laterales.

M. obliquus capitis superior (Tab. Nr. 4), Abb. 52, 140, 335, 369

Der Musculus obliquus capitis superior gehört zum lateralen Muskeltrakt; er ist der oberste Intertransversarius des Halses zwischen Atlas und Hinterhaupt (Abb. 52). Alle übrigen kurzen Muskeln zwischen den beiden obersten Wirbeln (Atlas, Epistropheus) und dem Schädel, zu welchen der Obliquus superior gehört, entstammen der medialen Muskelsäule (Abb. 9).

M. rectus cap. post. minor (Tab. Nr. 5), Abb. 52, 140, 335, 369

Der Musculus rectus capitis posterior minor ist der oberste M. interspinalis (Abb. 52). Er inseriert am Planum nuchale des Schädels, welches nicht wie das Schädeldach von außen abgetastet werden kann, sondern ganz mit Muskelansätzen bedeckt tief unter dem Haaransatz des Nackens liegt (Abb. 59). Unser Muskel inseriert unterhalb der Linea nuchae inferior an einer Stelle, welche einem Dornfortsatz entspricht.

Der zweite Interspinalis (zwischen Epistropheus und Atlas) ist durch die später zu besprechende Drehbewegung des Atlas um den Zahn des Epistropheus seiner eigentlichen Insertion am Dorn des Atlas verlustig gegangen. Denn ein solcher Muskel würde eine ausgiebige Rotation des Atlas verhindern. Er hat sich aber in veränderter Form in den beiden folgenden Muskeln erhalten.

M. obliquus cap. inferior (Tab. Nr. 6), Abb. 52, 140

Musculus obliquus capitis inferior. Er ist mit der Insertion so weit lateralwärts verschoben (Abb 52), daß er eine sehr kräftige Hebelwirkung auf den weit ausladenden Querfortsatz des Atlas erlangt und für die Drehung sehr wichtig geworden ist. Er ist der einzige Muskel, welcher den Atlas mitsamt dem Kopf dreht, ohne gleichzeitig den Schädel zu heben oder zu senken (wie es alle übrigen Drehmuskeln tun, welche am Schädel selbst angeheftet sind).

M. rectus cap. post. major (Tab. Nr. 7), Abb. 52, 140, 335, 369

Musculus rectus capitis posterior major. Der Muskel hat eine ähnlich kräftige Hebelwirkung wie der Obliquus inferior durch eine theoretisch sehr bedeutsame Umänderung erreicht. Er überspringt den Atlas und geht an das Planum nuchale des Schädels. Er dreht den Kopf mitsamt dem Atlas. Die Verlängerung des Muskels bis zum Schädel, also in ein neues Metamer hinein, ist eine Möglichkeit der Muskeln, ihren Wirkungskreis auszudehnen, aber eine seltene.

Es kommt beim Rectus major individuell auch die andere Möglichkeit vor, daß er nicht von einem Spinalnerv wie gewöhnlich, sondern von zweien versorgt wird, ein Zeichen dafür, daß er auch durch Verschmelzung zweier Metameren entstehen kann (in solchen Fällen trägt er einen Teil der Anlage des Rectus minor in sich und ist aus zwei Interspinales entstanden). Diese zweite Möglichkeit ist deshalb die wichtigere, weil sie bei den übrigen tiefen Rückenmuskeln ganz allgemein dazu geführt hat, viele metamere Muskelchen zu langen Muskeln zusammenzufügen. Wir betrachten dies in statu nascendi bei der folgenden Gruppe.

Mm. rotatores (Tab. Nr. 8), Abb. 52, 53

Musculi rotatores. Sie tragen nur bei der Brustwirbelsäule ihren Namen mit vollem Recht. Hier allein gibt es auch die Gruppe unter ihnen, welche den primitivsten Bau bewahrt hat, die Rotatores breves. Es sind metamere Muskeln, welche den Interspinales nahe verwandt sind (mediale Muskeln), aber mit der Ausbildung des Querfortsatzes ihren Ursprung stark lateral verschoben haben. Der Vorgang ist ähnlich wie beim Obliquus capitis inferior, nur mit entgegengesetzter Richtung. Aber bei den Brustwirbeln kommt noch etwas hinzu. Die Insertion an der Basis des Dornfortsatzes hat sich gesenkt, da der Dorn als Schutz für das Rückenmark dachziegelförmig über den folgenden Wirbel übergreift und dabei im ganzen tief steht (Abb. 45a). Dadurch rückt die Insertionsstelle in das gleiche Niveau

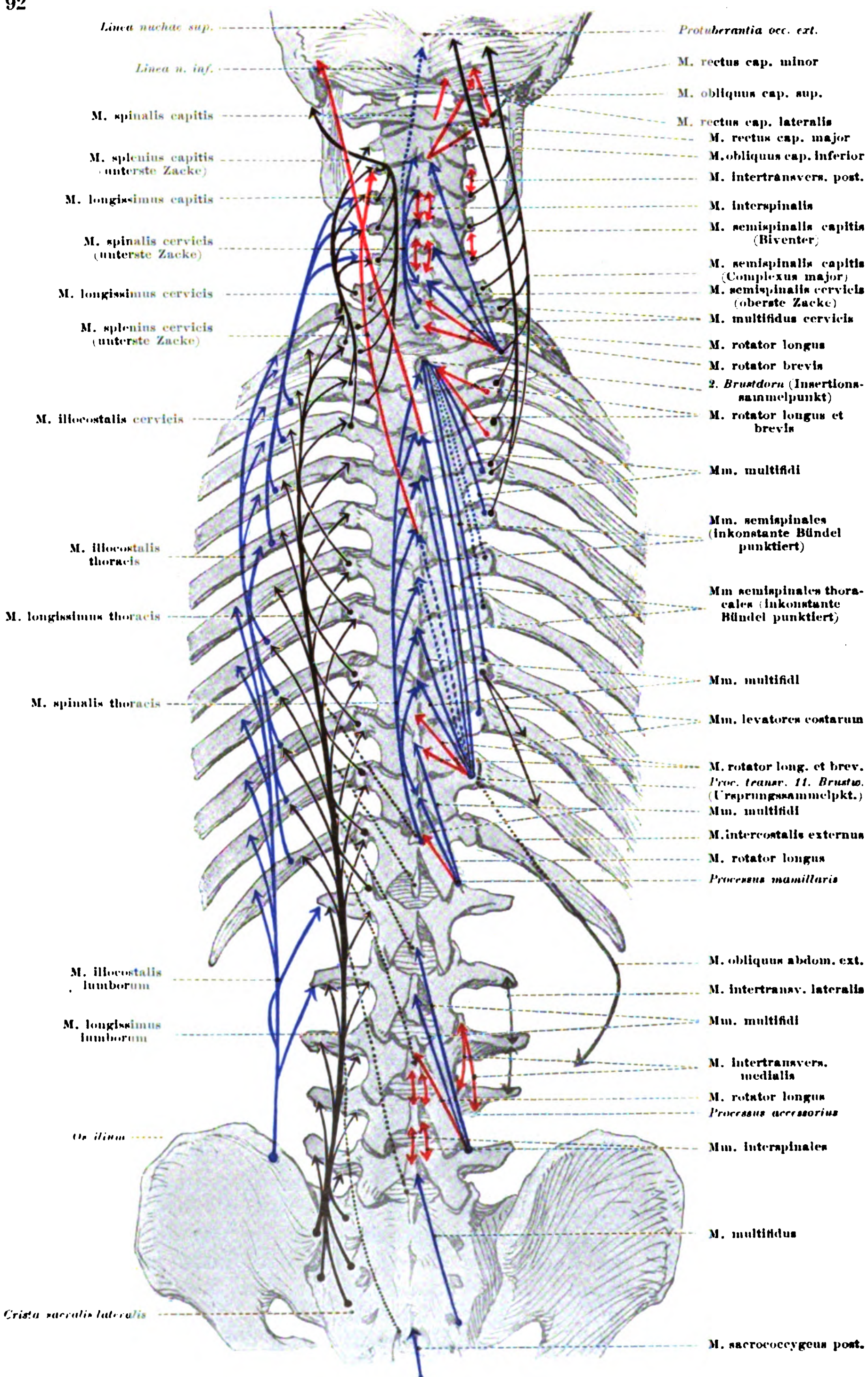


Abb. 52. Lineares Schema für die tiefen Rückenmuskeln. Rechts: kurze Muskeln rot, Multifidus und Semispinalis thoracis et cervicis blau, Semispinalis capitis und Muskeln ventraler Abkunft schwarz. Links: Spinalis und Iliokostalis blau, Longissimus schwarz und Splenius rot. Die Insertion der Muskeln als Pfeilspitze.

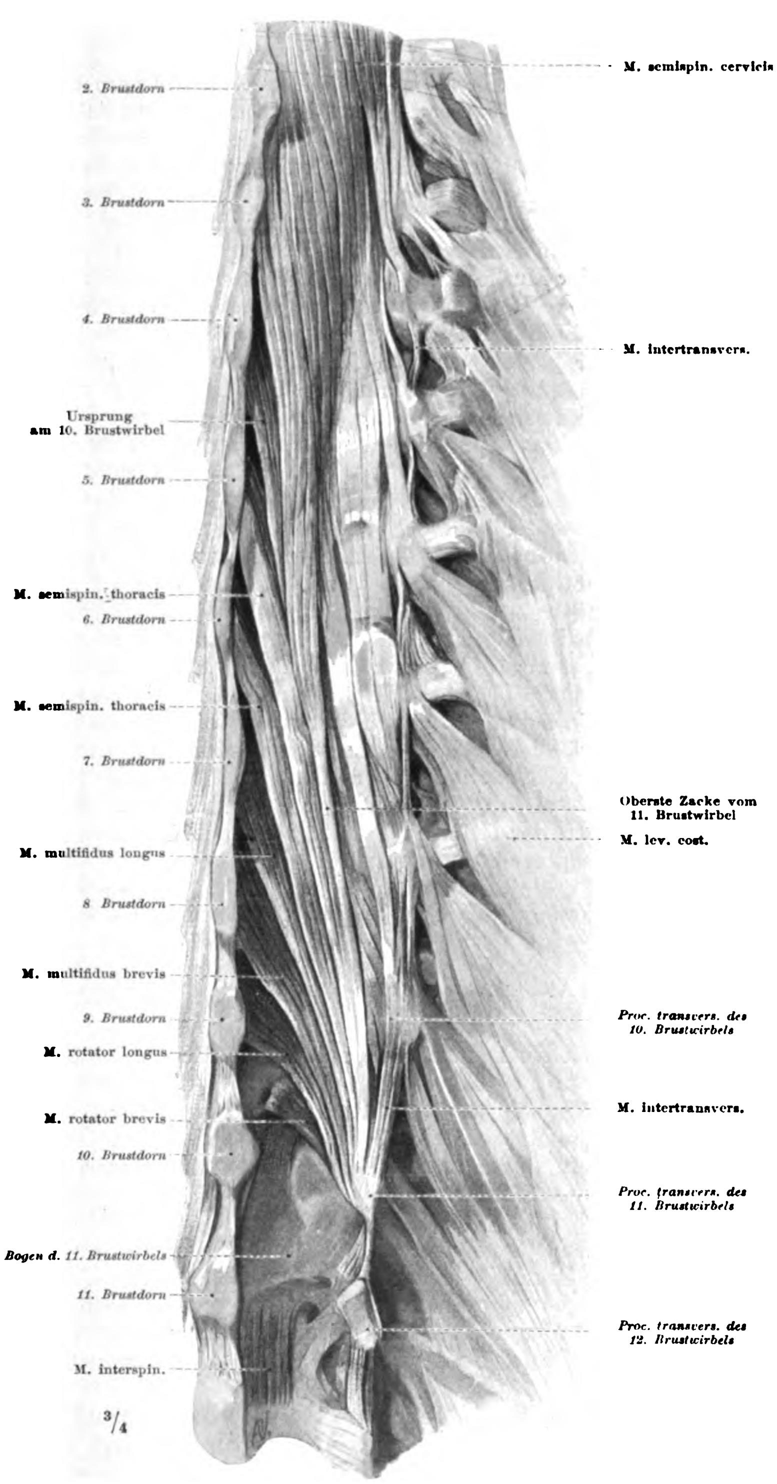


Abb. 53. Ein Büschel aller transverso-spinalen Muskeln mit Ursprung vom 11. Querfortsatz. Kranialwärts ist die Oberfläche des Semispinalis dargestellt. Die oberste Zacke, welche vom 11. Querfortsatz **entspringt, geht in diesem Fall** diffus in den Semispinalis thoracis über und ist nicht an einen bestimmten **Dorn zu verfolgen (Insertion oberhalb des 5. Brustdorns).** Die Levatores costarum sind nicht rot überdruckt. **In diesem Fall sind ausnahmsweise** Mm. intertransversarii bis hinauf zum 5. Querfortsatz vorhanden (gewöhnlich nur bis zum 10.).

mit dem Querfortsatz des nächstfolgenden Wirbels, an welchem der Ursprung des betreffenden Rotator brevis liegt. Denn der Querfortsatz entspringt möglichst oben am Wirbel und steigt etwas an, um die Rippe zu tragen, welche zwischen einem Wirbel und dem nächst höheren liegt. Diese in der Gesamtkonstruktion begründete entgegengesetzte Tendenz von Querfortsatz und Dornfortsatz enthält in sich eine neue Konstellation für den Muskel, welcher diese Bewegung mitmacht. Seine Insertion wird so lange gesenkt und sein Ursprung so lange gehoben, bis der Muskel ganz oder fast horizontal steht. Das ist die günstigste Stellung für die Rotation; denn der Muskel nutzt in dieser Lage sein gesamtes Moment für diese Bewegung aus. In der Brustwirbelsäule können Rotationen mit einem relativ geringen Materialaufwand ausgeführt werden. Die einzelnen Muskeln sind zwar sehr klein, aber ihre Gesamtheit gibt eine nicht unbeträchtliche Summierung der Wirkung (in Abb. 52 sind nur an drei Stellen Rotatores breves gezeichnet, rot; sie sind ähnlich an allen Brustwirbeln zu denken). Bei den übrigen Teilen der Wirbelsäule ist auch Rotation möglich, aber auf weniger direktem Weg und deshalb mit größerem Materialaufwand.

Bei Lende und Hals fehlt das Abwärtssteigen der Dornen und damit das kausale Moment für die Ausbildung eigentlicher Rotatores. Dagegen hat sich über die ganze Wirbelsäule ein System von Rotatores longi gebildet, mit welchen wir an das oben von dem Rectus capitis major Gesagte anknüpfen. Diese Muskeln sind aus zwei metameren Muskeln entstanden, wie es bei jenem individuell vorkommt, und überspringen also einen Wirbel. Je nach der Höhe der Wirbelkörper und dem Stand der Dornfortsätze laufen sie mehr oder weniger steil (in Abb. 52 ist in den verschiedenen Regionen je ein Repräsentant gezeichnet, rot; in Wirklichkeit sind sie an allen Wirbeln vorhanden). An der Brustwirbelsäule stehen sie am stärksten zur Horizontalen geneigt (Abb. 53) und verdienen dort am ehesten den Namen Rotatores. An anderen Stellen ist die Rotationswirkung wegen der steileren Stellung und aus Gründen der Gelenkstellung weniger ausgesprochen oder unmöglich.

Es ist deshalb auch vorgeschlagen worden, für sie den Namen Rotatores ganz fallen zu lassen und sie wie die Muskeln der folgenden Gruppe als Multifidi zu bezeichnen.

b) Lange Muskeln nach Art der Rotatores: Transversospinales System (Tabelle Nr. 9—10).

Die langen tiefen Rückenmuskeln gehören wie die kurzen Muskeln teils dem medialen, teils dem lateralen Trakt an (Abb. 9), die hier bis auf einige Stellen scharf getrennt geblieben sind. Die mediale Gruppe hat Bestandteile, welche unter den kurzen Muskeln an die Rotatores, und andere, welche an die Interspinales anknüpfen. Wir nennen wegen charakteristischer Beziehungen zum Knochen die ersteren transversospinales System, die letzteren spinales System.

Das transversospinale System beruht auf einer Weiterführung des gleichen Prozesses, welcher die Rotatores longi entstehen ließ. Flossen statt zweier Metameren drei oder vier zusammen, so überspringt der betreffende Muskel zwei resp. drei Wirbel. Wir nennen solche Muskeln Multifidi. Verschmelzen mehr als vier metamere Muskelchen zu einem langen Muskel, so nennen wir ihn Semispinalis.

Multifidus (Tab. Nr. 9), Abb. 52, 53, 54, 97

Musculus multifidus. Je nachdem das einzelne Element des Muskels zwei oder drei Wirbel überspringt, werden Multifidi breves und longi unterschieden. Sie existieren über die ganze Wirbelsäule hin. Man nennt sie einzeln: Multifidi (im engeren Sinn) und alle insgesamt ebenfalls: M. multifidus (im weiteren Sinne). Die einzelnen Muskeln dieses Typus benutzen an den Lenden-

wirbeln als Ursprung die einstigen Nebenhöcker der Querfortsätze, welche neben die Gelenkfortsätze gerückt sind: Processus mamillares; an den Halswirbeln entspringen sie an den Processus articulares selbst. Das gleiche tun die Rotatores longi und am Hals die gleich zu beschreibenden Semispinales. In diesen Beziehungen kommt die genetische Zusammensetzung der Knochen klar zum Ausdruck. Es wechseln nur die üblichen Bezeichnungen der Knochen, nicht die wirklichen Beziehungen zwischen Muskeln und Knochen. Denn der Ursprung am Processus transversus, der an den Brustwirbeln klar erkennbar ist, ist an den übrigen Wirbeln immer an dem Äquivalent dieses Fortsatzes oder seiner Derivate zu finden (siehe Abb. 52; es sind nur einzelne Repräsentanten eingezeichnet statt der an allen Wirbeln existierenden Muskeln dieser Art).

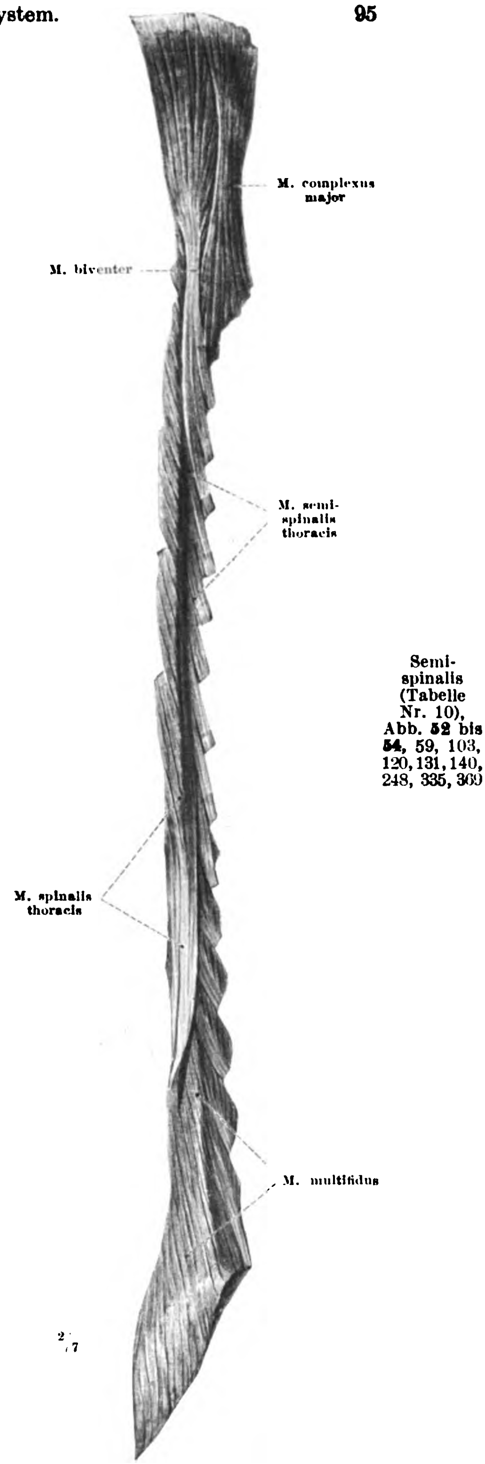


Abb. 54. Gesamter medialer Traktus der tiefen Rückenmuskeln. In der natürlichen Form isoliert (siehe Abb. 97 und 59 in situ dargestellt).

Semispinalis (Tabelle Nr. 10), Abb. 52 bis 54, 59, 103, 120, 131, 140, 248, 335, 369

Musculus semispinalis. Diese Form kommt nur am Brust-, Hals- und Kopfteil des Rückens vor und bedeckt hier den Multifidus. Im Lendenteil fehlt sie; hier liegt der Multifidus im medialen Trakt zu oberst (Abb. 54). Beim Brustteil sind aus 5—7 Metameren entstandene Semispinales am häufigsten; sie sind daran zu erkennen, daß sie 4—6 Wirbel überspringen. Am Halsteil sind meist 6—7 Segmente beteiligt; es überspringen also die meisten 5—6 Wirbel. Der oberste Semispinalis der Brustgegend ist derjenige, welcher am obersten Brustwirbel inseriert, der oberste Halsmuskel dieser Art reicht bis zum Dorn des Epistropheus. Der Atlas ist zugunsten seiner Drehfähigkeit von allen Insertionen an seinem Dornrudiment befreit. Die Semispinales, welche am Schädel inserieren, werden als Pars capitis bezeichnet; sie benutzen dort den oberen Teil des Planum nuchale, zwischen Linea nuchae superior und inferior (Abb. 335). Unter ihnen befinden sich die längsten Muskeln. Doch kommen in allen genannten Gegenden auch kürzere Muskelexemplare des Semispinalis vor als die hier hervorgehobenen.

Die übliche Bezeichnung Pars dorsi für denjenigen Teil der Rückenmuskeln, welcher auf dem Brustkorb liegt (zu Semispinalis, Spinalis, Iliokostalis und Longissimus gehörig) ist mißverständlich, weil hier „Rücken" in einem viel engeren Sinn gebraucht ist als bei den Rückenmuskeln im ganzen. Ich habe deshalb

durchweg die Bezeichnungsweise: Pars thoracis angewendet, um das Lageverhältnis klar hervorzuheben.

Die Bedeutung des ganzen transversospinalen Systems wird durch eine andere Betrachtung klarer, welche nicht schichtweise eine dieser Gruppen nach der anderen ins Auge faßt (was bei der Präparation nötig ist, wenn alle Repräsentanten derselben Art dargestellt werden sollen), sondern welche entweder von einem Ursprungs- oder einem Insertionssammelpunkt ausgeht. Ich wähle für die Ursprünge den Querfortsatz des 11. Brustwirbels, an welchem meist der letzte Semispinalis thoracis entspringt (Abb. 52, rechts und Abb. 53).

Bedeutung der muskulären Radienbüschel: Ursprungssammelpunkt

Nimmt man die Rotatores hinzu, so geht von diesem Querfortsatz ein Radienbüschel aus, welches sukzessive den 10. und 9. Brustwirbel erreicht (Rotatores), weiter zum 8. und 7. Brustwirbel aufsteigt (Multifidi), gelegentlich den 6. und 5. und regelmäßig den 4. und 3. Brustwirbel ergreift (Semispinales). Man kann sich die Wirkung vorstellen wie die einer vielfingrigen Hand, die vom Querfortsatz als feste Armstütze ausgeht, fast alle Wirbel der Brustgegend angreift und nach der betreffenden Seite festhält. Da ebenso vom gegenüberliegenden Querfortsatz des 11. Brustwirbels alle genannten Wirbel von der anderen Seite gehalten werden, so ist hier ein aktiver Apparat von enormer statischer Bedeutung zustande gekommen: die Wirbel werden durch Anspannung der beiderseitigen Muskelbüschel gehalten — in welcher Stellung sie sich gegeneinander auch befinden mögen — wie ein aus einzelnen Teilen (Stangen) aufgebauter Mastbaum, der von beiden Seiten Stück für Stück von festgespannten Tauen (Wanten) gestützt wird. Das ist eine der wichtigsten Aufgaben der tiefen Muskeln und speziell des medialen Traktus. Hier liegt die Erklärung dafür, daß im Leben die passiven Apparate (Bänder, Gelenke) allein nicht imstande sind, den Körper zu tragen. Denn es ist nicht nur beim 11. Brustwirbel, sondern bei allen Wirbeln jederseits ein solches Muskelbüschel vorhanden, das sich in schräger Fläche schichtweise neben seinem Nachbar aufbaut.

Man denke sich, um auf das erste Bild zurückzugreifen, von jedem Querfortsatz oder dessen Äquivalent eine vielfingerige Hand nach den entsprechenden Dornen greifen. Wie man in schräger Stellung Hand auf Hand schichten kann, so liegen diese Büschel in der Tiefe der Rückenmuskulatur dachziegelförmig übereinander. Denkt man sich etwa auf der rechten Körperseite die Hände in unserem Vergleich so gestellt, daß der kleine Finger dem Rotator brevis, der Ringfinger dem Rotator longus, der Mittelfinger dem Multifidus brevis entspricht usw., so wird bei der Betrachtung der Büschel jede einzelne Hand gleichzeitig vorgenommen (Abb. 53), bei der üblichen Schichtendarstellung dagegen immer der korrespondierende Finger aller Hände gleichzeitig freigelegt, z. B. alle Daumen, alle Zeigefinger usw. Dabei ist der beschränkten Verbreitung der Rotatores breves und Semispinales für die einzelnen Regionen Rechnung zu tragen.

Die Rotatores breves sind, wie wir oben sahen, eine spezialistisch ausgebildete Gruppe, deren Hauptaufgabe in der Rotation liegt. Doch sind die Kompetenzen keineswegs scharf geschieden; denn das ganze Muskelbüschel eines jeden Querfortsatzes hat eine rotierende Komponente. Andrerseits wächst die Zahl der langen Muskeln, je mehr wir nach dem Kopf aufsteigen (Semispinalis thoracis et cervicis), und es wächst damit die Sicherung gegen das Abgleiten der einzelnen Wirbel voneinander, welches, je höher die Säule ist, um so eher eintreten könnte, und um so gefährlicher für den Inhalt des Kanals wäre. Von den Beziehungen zum Kopf selbst (Semispinalis capitis) soll unten noch die Rede sein.

Insertionssammelpunkt

Betrachtet man umgekehrt den Insertionssammelpunkt der transversospinalen Muskeln kurzer und langer Art, z. B. am 2. Brustdorn (Abb. 52, rechts), so ist ohne weiteres klar, daß die genannten Muskeln nicht nur stützen, sondern auch tragen. Denken wir uns den betreffenden Wirbel durch andere statische Einrichtungen in seiner Lage fixiert, so hängen an ihm die darunterliegenden

Wirbel in Muskelschlingen von verschiedener Länge. Jede Schlinge besteht aus den beiden transversospinalen Muskeln gleichen Namens, zwischen welche der Wirbel mit seinen Querfortsätzen eingeschaltet ist. Der Tonus allein hat große Tragkraft, da in Wirklichkeit nicht eine Schlinge an jeden Wirbel geht wie bei unserem Beispiel, sondern da von mehreren Wirbeln viele Schlingen den einzelnen Wirbel umgreifen. Die feinere Regulation ist sofort durch entsprechende Kontraktion der Muskeln jeder Seite möglich.

Mag man also die Wirkung vom Ursprung nach der Insertion oder umgekehrt von der Insertion nach dem Ursprung hin betrachten, immer ist sie bedeutungsvoll. Es können die verschiedenen Teile der Wirbelsäule, wenn wirklich das eine Mal die eine, das andere Mal die andere Richtung bevorzugt wird, kompensatorisch füreinander eintreten und die Belastung je nach Abnutzung und Übung verteilen. Der Regel nach wirkt aber der Muskel gleichzeitig auf Ursprung und Insertion, d. h. jeder Wirbel steht in tonisch oder kontraktorisch gespannten Muskelschleifen, die ihn nach oben und unten fixieren. Es ist wichtig, sich die ungeheure Mannigfaltigkeit der mechanischen Möglichkeiten und die Reserven klar zu machen, die für jeden Teil der Wirbelsäule und für das Ganze zur Verfügung stehen. Man nennt die Gesamtheit der tiefen Rückenmuskeln Erector trunci = Aufrichter des Rumpfes. Die bisher besprochenen medialen Komponenten sind in der Tat die eigentlichen Faktoren, welche die Aufrichtung der Wirbelsäule möglich gemacht haben und garantieren. Das Geheimnis liegt in der sukzessiven Verlängerung der statisch wirksamen Muskelbüschel, welche aus dem historisch gegebenen reichen Schatz der metameren Muskelkästchen bestritten wird (Abb. 39).

Besonderheiten des Semispinalis capitis

Der Semispinalis capitis (Abb. 52 rechts, schwarz) ist der Lage nach mit dem transversospinalen System zusammenzustellen, da seine Ursprünge unten außen (an den Querfortsätzen von Brust- und Halswirbeln), seine Insertionen mehr medial (am Schädel) liegen. Seiner Entstehung nach ist aber der größte Teil aus dem lateralen Muskeltrakt abzuleiten und mit dessen Longissimus nahe verwandt, wie dort klarzulegen ist. Hier sei nur erwähnt, daß der Muskel in zwei nebeneinander gelagerte Bündel zerfällt, die inkomplett voneinander getrennt sind. Das mediale Bündel hat eine oder zwei Zwischensehnen, die als letzte Reste des metameren Aufbaues übrig sind. Viele Säugetiere haben sich eine größere Zahl bewahrt (z. B. beim Pferd 4—5 Inscriptiones). Man nennt diesen Teil beim Menschen auch Biventer (Abb. 54). Die Anzahl der Ursprünge ist auf die oberen Brustwirbel beschränkt (in Abb. 52 sind alle gezeichnet, ebenso beim Complexus major). Der laterale Zug des Semispinalis capitis hat eine viel größere Zahl von Ursprüngen (von Brust- und Halswirbeln), ist deshalb breiter und aus viel mehr Einzelmuskelchen zusammengesetzt, deshalb Complexus major genannt. Auch er hat eine Zwischensehne die aber schmaler ist und mehr kranial liegt als diejenige des Biventer (Abb. 54). Beide Muskeln bedecken vollständig den Semispinalis cervicis, der an den Querfortsätzen der Brustwirbelsäule ungefähr gerade so weit herunterreicht wie der Complexus major; er sieht diesem äußerlich ähnlich, weil er auch aus vielen Einzelmuskeln aufgebaut ist, allerdings nur von solchen, die an Brustwirbeln entspringen. Man nennt ihn deshalb seit alters her Complexus minor.

c) Lange Muskeln nach Art der Interspinales: Spinales System (Tabelle Nr. 11).

M. spinalis (Tabelle Nr. 11), Abb. 52, 54, 97, 140

Musculus spinalis. Wie unter den kurzen Muskeln die Interspinales, so laufen unter den langen die Büschel des Spinalis von Dorn zu Dorn. In der Halsgegend sind häufig Varietäten eines Interspinalis zu finden, bei welchen ein Muskelchen nicht den nächsten, sondern den zweiten folgenden Dorn erreicht (Interspinalis longus). Der echte Spinalis besteht aus zwei oder viel mehr verschmolzenen metameren Muskeln, findet sich aber vor allem in der Brustgegend, ferner fast ausnahmslos, wenn auch meist schwach entwickelt, in der Halsgegend und nur als Varietät beim Kopf. In der Brustgegend wird meist

der 9. Brustwirbel übersprungen, in der Halsgegend der 5. Halswirbel (Abb. 52, links, blau). Nach oben und unten setzt sich der Muskel an etlichen Dornen an, und zwar bilden die Muskelbündel übereinander gelagerte Bogen, von denen der innerste einen Wirbel überspringt, der folgende Bogen drei Wirbel, der dritte Bogen 5 Wirbel usw. (in Abb. 52 sind die am häufigsten vorkommenden Insertionen sämtlich eingetragen). Beim Spinalis thoracis ist meist an die Grenzbogen kranialwärts noch ein System von Halbbogen angefügt, weil entsprechende Insertionen an der Lumbalwirbelsäule fehlen. Es hängt dies von der Konkurrenz mit dem Longissimus ab, welcher die Lumbaldornen in Besitz genommen hat (punktierte Linien). Doch kommen hier zahlreiche Varietäten und oft auch schwer lösbare Verwachsungen vor.

Der mediale Muskeltrakt im ganzen

Überblicken wir den medialen Muskeltrakt im Zusammenhang (Abb. 54), so ist an der Gesamtform besonders die Stärke in der Lumbal- und Zervikalgegend und die relative Schwäche in der Brustregion charakteristisch. Dies steht in Korrelation mit der Gesamtform der Wirbelsäule und kann erst später erläutert werden (siehe Rücken als Ganzes). Von den Teilen des medialen Muskeltraktes sehen wir in der Lendengegend bis auf das Sakrum hinab den Multifidus lumborum frei vorliegen. Über ihn ist in der Brustregion medial der Spinalis thoracis und lateral der Semispinalis thoracis geschichtet. Beide sind oft miteinander verwachsen (in dem der Abb. 54 zugrunde liegenden Präparat in sehr ausgedehntem Maße); doch läßt sich mit dem Messer stets eine künstliche Trennung treffen, weil alles, was von Dornen kommt, zum Spinalis zu rechnen ist und alles, was von Querfortsätzen kommt, zum Semispinalis gehört. In der oberen Brust- und in der ganzen Halsgegend ist nur der Semispinalis capitis zu sehen (Biventer und Complexus major). Der Semispinalis cervicis, Spinalis cervicis, Multifidus thoracis et cervicis und sämtliche kurze Muskeln sind nur durch sachgemäße Abtragung der oberflächlichen Muskeln zu finden und dabei oft so unvollkommen geschieden, daß künstliche Trennungen nötig fallen. Das ist ein Merkmal primitiver Muskeln, deren Differenzierung noch nicht die Abgeschlossenheit einheitlicher Muskelindividuen wie etwa bei den Extremitäten erreicht hat.

Das charakteristischste Merkmal des ganzen medialen Muskeltrakts ist die transversospinale Richtung weitaus der meisten Fasern. Denn die Spinales und Interspinales kommen kaum gegen diese Faserrichtung in Betracht. Der Außenrand hat Säge- oder Treppenform, weil hier die Ursprünge von Querfortsatz zu Querfortsatz klettern; der Innenrand ist ähnlich gestaltet, wenn auch weniger ausgesprochen, wegen der regelmäßigen Folge der Dornen. Dies ist nur dann sichtbar, wenn der Muskel in sich gehärtet ist, also in einer Stellung betrachtet wird, welche dem Zustand im Leben möglichst entspricht (Abb. 54).

Erschlaffte und durch die Präparation gedehnte Muskeln fallen aus der Form; sie verlieren auch die Lage und die natürliche Richtung der Fasern. So können die längsten Muskeln (Biventer, Complexus major) besonders leicht in die entgegengesetzte Richtung fallen, während sie in Wirklichkeit mit ihrem unteren Ende (Ursprung) weiter lateral als mit dem oberen Ende (Insertion) liegen und also schräg wie die ihnen entsprechenden Pfeile der Abb. 52 gerichtet sind. Nur aus der natürlichen Lage versteht man, daß die beiden Muskeln den Kopf mit der Nase nach der anderen Körperseite hin drehen.

d) Lange Muskeln nach Art der Intertransversarii: Sakrospinales System (Tabelle Nr. 12—13).

Die früher beschriebenen Intertransversarii des lateralen Muskelzuges sind nur spärliche Überreste einer gewaltigen Muskelmasse, welche lateralwärts weit auf die Rippen ausladet. Wir besitzen jedoch keine dorsalen Musculi

„intercostales", nur ventrale, die hier nicht in Betracht kommen. Das rührt daher, daß die dorsale Muskulatur den Hauptstützpunkt für ihren Tractus lateralis nicht in Wirbeln oder Rippen, sondern in dem stabilen Beckenring gefunden hat. Die Überleitung war dadurch gegeben, daß das Kreuzbein gerade mit dem aus Rippenrudimenten geborenen Seitenteil die eigentliche Beckenschaufel, Os ilium, trägt (siehe Pars lateralis, S. 86). Das ist die Brücke für die Überwanderung. Der eine Teil der Muskulatur hält mit seinem Ursprung noch die angrenzenden Partien von Kreuzbein, Beckenschaufel und die Verbindungen zwischen beiden besetzt (M. longissimus), der andere ist ganz auf das Ilium, also einen Extremitätenknochen verschoben (M. iliocostalis, Abb. 52). Der laterale Muskeltrakt (Gesamttrakt) zerfällt also hier in einen lateralen und medialen Untertrakt (Abb. 55). Was der Übergang auf einen breiten stabilen Knochen bedeutet, sieht man aus dem mächtigen Anschwellen gerade der Lumbalpartie des ganzen Systems. Es dient namentlich zu Bewegungen des Rumpfes nach der Seite zu, für welche die Rippen wirkungsvolle Hebelarme bieten.

Musculus iliocostalis. Er ist bei niederen Säugetieren (Ameisenigel, Echidna) noch im Besitz sämtlicher Zwischensehnen und sieht so aus wie ein Längsstreifen, den man sich aus der lateralen Partie der primitiven Rückenmuskulatur eines niederen Wirbeltieres herausgeschnitten denke (Abb. 51). Die Zwischensehnen sind an Rippen angeheftet, so daß die Muskeln noch von Rippe zu Rippe wirken können. Die stärkere Ausnutzung des Stützpunktes am Hüftbein ist in höheren Zuständen erreicht, weil möglichst viele Muskeln vom Hüftbein Ursprung nehmen und nur ihre Insertion auf die Rippen oder auf deren Äquivalente verlegen (Pars lumborum, Abb. 52, links, blau). Die Zwischensehnen werden geopfert, um möglichst lange Muskelfasern zu erzielen, welche an der Rippe einen Hebelarm zur Verfügung haben, mit dem sie die Wirbelsäule leicht und schnell regieren

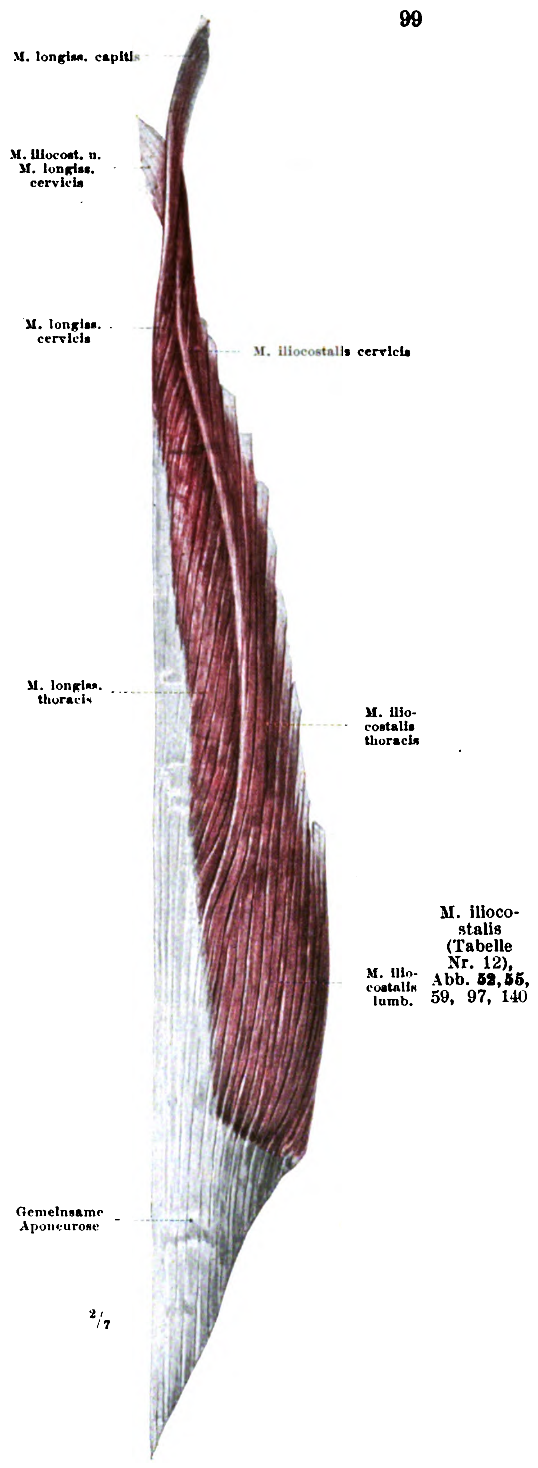


Abb. 55. Lateraler Traktus der tiefen Rückenmuskeln (mit Weglassung des Splenius). In der natürlichen Form isoliert. Siehe Abb. 59 in situ.

können. Der Lage der Muskeln nach wären die verschiedensten Bewegungen möglich, da die langen Rippenhebel, wie sie auch stehen mögen, Angriffspunkte genug für eine Verlagerung nach dem Beckenkamm zu bieten. Aber die Hemmungen und Führungen in den Wirbelgelenken treffen für die verschiedenen Abschnitte der Wirbelsäule aus diesen zahlreichen Möglichkeiten eine bestimmte Auswahl.

Der Lendenteil des Muskels erschöpft sich in der Mitte des Brustkorbs. Es folgt weiter oben die Pars thoracis mit Insertionen an die obere Hälfte der Rippen (1.—6.), welche scheinbar die Reihe der Insertionen aus der Pars lumborum ununterbrochen fortsetzen (Abb. 55). In Wirklichkeit besteht eine Trennung im Inneren des Muskels. Denn die Ursprünge des Iliocostalis thoracis kommen von den unteren Rippen (Abb. 52) und formen den Muskelbauch, der in dem Maß zu anschwillt als die Pars lumborum abnimmt. Dasselbe wiederholt sich zwischen Pars thoracis und Pars cervicis; nur ist hier die Trennung sehr selten so scharf wie meistens zwischen Lenden- und Brustteil (in Abb. 52 ist eine vollkommene Trennung in beiden Fällen gezeichnet). Der Halsteil inseriert nicht an den Rippenrudimenten der betreffenden Halswirbel, wie erwartet werden sollte, sondern ist auf die Tubercula posteriora verschoben. Er ist oft sehr schmächtig. Einen Kopfteil gibt es nicht.

Parallele zwischen Iliokostalis u. Spinalis

Brust- und Halsteil des Iliokostalis verhalten sich zu den Rippen (bzw. Tubercula posteriora der Halswirbel) ganz entsprechend den Bauprinzipien, die sich im Verhalten des Spinalis zu den Wirbeldornen ausgebildet haben. Hier besteht zwischen medialem und lateralem Gesamttrakt eine deutliche Parallelität (die beiden blauen Liniensysteme in Abb. 52 links).

M. longissimus (Tab. Nr. 13), Abb. 52, 55, 59, 140, 335

Musculus longissimus. Er ist komplizierter in seinem Inneren aufgebaut als der Iliokostalis. Äußerlich ist er ein Unterabschnitt des lateralen Gesamttrakts, welcher medial vom Iliokostalis liegt und in der Lendengegend nur künstlich von jenem abzuspalten ist (Abb. 55; dabei weisen Gefäße und Nerven, die zwischen beide Muskeln eingeschaltet sind, den Weg). Er verjüngt sich nach oben zu, erreicht aber mit einem besonderen Abschnitt den Kopf.

Parallele zwischen Longissimus und Spinalis

Der innere Bau ist im Halsteil (Pars cervicis) am einfachsten. Er gleicht hier ganz dem Bauprinzip des Spinalis und Iliokostalis dieser Gegend, wenn man dieses Prinzip auf die Querfortsätze anwendet. Denn die Ursprünge der Pars cervicis kommen von Querfortsätzen oberer Brustwirbel und von den jenen entsprechenden hinteren Höckern unterer Halswirbel. Die Insertionen gehen an die hinteren Höcker oberer Halswirbel (Abb. 52, links, schwarz). Ganz ähnlich verhält sich die Pars capitis. Doch ist ihre Insertion nicht am morphologischen Äquivalent eines Querfortsatzes befestigt, obgleich dieser im Planum nuchale des Schädels steckt, sondern sie ist am Schädel weit lateralwärts bis an den Warzenfortsatz verschoben (Abb. 52, 335). Der Longissimus capitis ist nach seiner Insertion zu ein sehr selbständiger schmaler Muskel, weil er als freistehende Brücke vom Querfortsatz des 3. Halswirbels zum Warzenfortsatz hinüberzieht.

Parallele zwischen Longissimus und Iliokostalis

Die Kompliziertheit des inneren Gefüges im Lenden- und Brustteil beruht darauf, daß hier statt eines Ursprunges und einer Insertion je zwei existieren können, also insgesamt je vier Anheftungen an vielen Skelettsegmenten (Wirbel plus Rippe, Abb. 52 links, schwarz). Geht man vom Beckenring aus, so ist hier eine relativ starke Annäherung an das Bauprinzip des Iliocostalis lumborum zu erkennen. Bei diesem gehen die Insertionen an die Processus laterales der Lendenwirbel, weil sie rudimentäre Rippen sind. Der Longissimus hat in der Lendengegend Insertionen zu denselben Processus laterales der Lendenwirbel (Pars lumborum) und weiter oben zu sämtlichen Rippen (Pars thoracis). Diese lateralen Insertionen sind Wiederholungen des gleichen Baustils,

der im Iliokostalis gefunden wurde. Sie haben aber ihre Besonderheit, weil der Muskel gleichzeitig mediale Insertionen hat, und zwar an den Querfortsätzen der Brustwirbel bzw. den Processus accessorii der Lendenwirbel, welche den Querfortsätzen entsprechen (Abb. 46). Darin wiederholt sich das gleiche Prinzip, welches die Nackenpartie des Longissimus kennzeichnet und welches mit der Spinalisarchitektur verglichen wurde. Es äußert sich auch darin, daß an der Brustwirbelsäule Ursprünge von den Querfortsätzen kommen und daß diese Ursprünge (wie beim Iliokostalis) in der Lendengegend einer funktionell wertvolleren Befestigung des Ursprungs am stabilen Beckenring Platz gegeben haben. Die Beckenursprünge sind beim Longissimus an der Seitenpartie des Kreuzbeins, also an den Resten der Querfortsätze befestigt (Crista sacralis lateralis, Abb. 52), welche den betreffenden Stellen der Brustwirbel und den Proc. accessorii der Lendenwirbel entsprechen, haben aber außerdem in der ganzen Nachbarschaft am Kreuzbein, an der Beckenschaufel und an den Verbindungsbändern zwischen beiden neue Befestigungspunkte gewonnen. Immerhin sind sie nicht so weit verschoben wie der Iliokostalis, der von den sakralen Rippenrudimenten weg bis auf den Beckenkamm gerückt ist.

Man nennt aus alter Gewohnheit die Ursprünge an den Querfortsätzen der Brustwirbel „akzessorische" Ursprünge. Genetisch betrachtet sind diese gerade die älteren Ursprünge. Der funktionell wichtigste Ursprung am Becken ist dagegen genetisch der weiter fortgeschrittene, neuere, in Wirklichkeit also akzessorisch.

Der Longissimus wiederholt in den bisher besprochenen Punkten die innere Architektur des Iliokostalis in zweierlei Formen. Die lateralen Insertionen sind bloße Kopien seines Bauprinzipes an den Rippen selbst, die medialen Insertionen und die Ursprünge von den Querfortsätzen (resp. von der Crista sacralis lateralis) sind freie Anwendungen desselben Prinzipes auf ganz andere Knochen, nämlich auf die Wirbel. Da beides im gleichen Muskelbauch vereinigt ist, wirkt der Muskel auf Rippe und Wirbel zugleich und stärkt infolgedessen die Vereinigung beider Knochen zu einem geschlossenen Hebelsystem. Denn in dem Augenblick, wo der laterale Greifpunkt eine Rippe in Bewegung setzt, kann der mediale durch Insertion und Ursprung den zugehörigen Querfortsatz eines Brustwirbels entsprechend bewegen. Die Vereinigung von Rippe und Wirbel ist an ihrem gefährdetsten Punkt durch die Innenarchitektur des Longissimus gesichert. Es ist dabei nicht zu vergessen, daß bei starken Inanspruchnahmen alle Nachbarwirbel und -rippen durch die Nachbarzacken des Muskels mit in Bewegung gesetzt werden können, was auf eine Dämpfung plötzlicher Stöße oder Rucke hinauskommt.

Beziehungen des Longissimus zur gemeinsamen Aponeurose des Sakrospinalis

Es gibt schließlich noch Ursprünge des Lenden- und Brustteils an Wirbeldornen und an den Dornrudimenten des Kreuzbeins (in Abb. 52 mit punktierten Linien angegeben). Sie sind fast ausschließlich sehnig und nichts anderes als Teile der oberflächlichen Aponeurose, welche für den Muskelbauch des Iliokostalis und des Longissimus gemeinsam ist (Abb. 55). Die Zugrichtungen der lateralen Insertionen werden in der gemeinsamen Aponeurose als verstärkte Streifen sichtbar, welche den Dornfortsätzen der unteren Brustwirbel, Lendenwirbel und der Crista sacralis medialis entsprechen, weil diese die gegebenen Stützpunkte in der Richtung jener Muskelzacken sind.

Man kann diese Streifen künstlich herausspalten, wenn sie nicht durch die Funktion verselbständigt sind. Darin gibt es zahllose Varietäten. Es erklärt sich auch der häufige Zusammenhang des Longissimus mit dem Spinalis thoracis aus diesen Beziehungen. Selbstverständlich ist für die Aktion des Longissimus sein Halt an den Dornen wichtig, weil er in der entsprechenden Region (Lende) keine Ursprünge an den Querfortsätzen hat und weil bei der Länge und Stärke des Muskelbauches gerade eine mediale Verankerung vor passiver Verschiebung nach der Seite schützt. Dies kommt indirekt auch dem Iliokostalis zugute, der mit dem Longissimus in die Fascia lumbodorsalis eingehüllt ist (Abb. 97, links).



Der Lenden- und Brustteil des Longissimus sind untrennbar verwachsen. Zwischen Brust- und Halsteil ist meist, zwischen Hals- und Kopfteil immer eine Grenze zu finden.

Sehr oft hängt der Longissimus mit dem Semispinalis capitis zusammen. Denn der größte Teil des Semispinalis capitis stammt aus dem lateralen Muskeltrakt. also aus dem gleichen Anlagematerial wie der Longissimus (sicher ist es vom Biventer).

Longissimus capitis und Semispinalis capitis der gleichen Körperseite wirken stets in entgegengesetzter Richtung auf den Schädel; der erstere dreht die Nase nach der gleichen, der letztere nach der anderen Körperseite. Der Longissimus der einen und der Semispinalis der anderen Körperseite haben also die gleiche Wirkung (siehe Faserrichtung Abb. 52, 54, 55).

e) Spinotransversales System (Tabelle Nr. 14).

M. splenius (Tabelle Nr. 14), Abb. 52, **56**, 59, 103, **120**, 248, 369

Musculus splenius. Der einzige Muskel, welcher von Dornfortsätzen zu Querfortsätzen verläuft (spino-transversal), ist der Splenius cervicis. Der Splenius capitis hat die gleiche Faserrichtung wie der Splen. cerv. und überdeckt ihn teilweise (Abb. 52 links, rot); er ist auf dem Planum nuchale des Schädels bis an die oberste Grenze, Linea nuchae superior, vorgedrungen, nimmt deren laterales Drittel und noch den Warzenfortsatz ein (Abb. 59, 369).



Abb. 56. Splenius. In der natürlichen Form isoliert.

Der Muskel legt sich über den Semispinalis und alle von diesem verdeckten Anteile des medialen Muskeltraktes hinüber. Es bleibt vom Semispinalis nur eine dreieckige Stelle neben der Mittellinie sichtbar (Abb. 59, innen von der weißen Konturlinie des Splenius). Der Splenius hält auf diese Weise die tieferen Muskeln zusammen. Es ist charakteristisch, daß am Hals, der gefährdetsten, weil beweglichsten Stelle, der Zusammenhalt durch einen aktiv wirkenden Muskel gesichert ist. Weiter unten ist der Zusammenhalt rein passiv bewirkt (durch die Fascia lumbodorsalis s. u.).

Trotz der topographischen Beziehung zu medialen Muskeln ist der Splenius seiner Herkunft nach ein rein lateraler Muskel. Wir haben beim Brust- und Lendenteil des Longissimus gesehen, wie laterale Muskeln an Dornen Ursprung gewinnen. Wie sich die Entwicklung des Splenius vollzogen hat, ist allerdings noch unklar. Sicher ist aber wie bei den Ursprüngen des Longissimus die Beziehung zu den Brust- und Halsdornen sekundär.

Der Muskel ist sehr breit (Abb. 56). Er fängt vom 6. oder 5. Brustwirbel ab aufwärts alle Bewegungen der anderen Körperseite auf, welche die Wirbeldornen treffen und leitet sie gegebenenfalls auf Hals und Kopf seiner Seite weiter.

Durchlaufende Spirallinien der tiefen Rückenmuskeln

Betrachten wir in Abb. 52 die Faserrichtung des transversospinalen Systems der rechten Brustkorbhälfte (blau), so gibt es im Splenius der linken Körperseite (rot) Fortsetzungen, welche nach oben in der gleichen Richtung weiterlaufen. Auf der rechten Körperseite kann man sich die Linie nach unten fortgesetzt denken durch den schrägen Bauchmuskel (Obliquus abdominis externus), der bis zur rechten Beckenschaufel hinabsteigt. In die Spirallinie, die rechts vom Becken

durch rechten Obliquus (rechten Levator costae), rechten Multifidus oder Semispinalis nach links durch beide Splenii bis zum Hals und Kopf zu verfolgen ist, sind Wirbeldornen und Rippen eingeschaltet und fest verankert. Kontrahiert sich der gesamte Spiralzug (Abb. 57), so drehen sich der Rumpf, Hals und Kopf nach links, also bei den rechts liegenden Anteilen der Spirale nach der anderen Körperseite, bei den links liegenden Anteilen nach der gleichen Körperseite (Nase nach links). Der linke Obliquus, Semispinalis und rechte Splenius formen die entgegengesetzte Spirale. Wenn wir mit feststehendem Becken uns so weit umdrehen, daß der Blick möglichst nach rückwärts gerichtet ist, so vollzieht sich die Bewegung in einer dieser Spiralen. Andere Muskeln können dabei helfen. Es kann durch Gegendrehung des Beckens nach der andern Seite der Rücken in sich torquiert sein und ein höchst lebendiges Bild der Oberfläche bieten (Abb. 87). Muskelwege, die aneinander anschließen wie in jenen Spirallinien, durchläuft der Willenimpuls wie einen Muskel (kinematische Ketten). Die Vorbedingung dafür liegt in der Fortsetzung der Faserrichtung. Wir erkennen hier, welchen Vorteil die jetzige Lage des Splenius, die dem lateralen System, von dem er abstammt, ursprünglich fremd ist, für die Rotationsbewegungen unseres Körpers einbrachte.

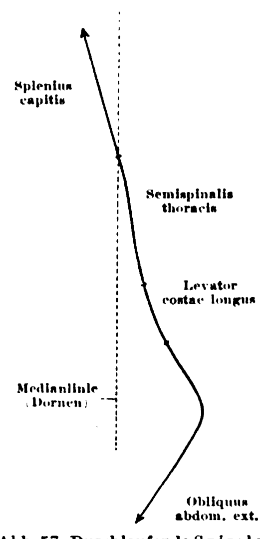


Abb. 57. Durchlaufende Spirale der tiefen Rückenmuskeln.

Man überzeuge sich auch nach Abb. 52, daß der linke Splenius capitis (rot) und der rechte Semispinalis capitis (schwarz) parallel miteinander laufen; beide wirken zusammen. Der Semispinalis und Splenius der gleichen Körperseite wirken dagegen entgegengesetzt (der erstere dreht die Nase nach der anderen, der letztere nach der gleichen Körperseite, Abb. 58): beide heben ihre Wirkung auf. In einem Fall wird eine intensive Bewegung, im letzteren eine energische Feststellung des Kopfes durch Kombinationswirkung von Muskeln erreicht.

Es ist von größter Wichtigkeit, die Richtungen der tiefen Rückenmuskeln über beide Körperhälften zu verfolgen. Daraus allein wird die korrespondierende Faserrichtung von anatomisch getrennten Muskeln und ihr Zusammenspiel verständlich.

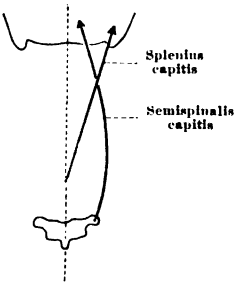


Abb. 58. Fasern des Splenius und Semispinalis capitis der gleichen Körperseite in natürlicher Lage. (Schädelbasis und 6. Brustwirbel wie in Abb. 52.)

Der laterale Muskeltrakt im ganzen

Überblicken wir den lateralen Muskeltrakt im Zusammenhang, so sehen wir am besten vom Splenius ab, weil dieser zu sehr vom Schema dieses Muskelzuges abweicht und getrennt zu merken ist. Es bleibt der Sakrospinalis (Abb. 55), dessen laterale Komponente (Iliokostalis) an den vorspringenden Muskelzacken für die Rippen kenntlich ist, während die mediale Komponente (Longissimus) äußerlich nur gegen den Kopf hin Insertionszacken aufweist. Alle anderen Architekturdetails verstecken sich im Inneren des Muskels und können erst durch analysierende Präparation dargestellt werden.

Führung der tiefen Rückenmuskeln: Fascia lumbodorsalis

Die gesamten Eigenmuskeln des Rückens, die wir bisher besprochen haben, füllen die Rückenrinnen aus, welche zu beiden Seiten der Wirbelbogen, zwischen Wirbeln und Rippen liegen (Abb. 59). Die Rinnen samt ihrem muskulösen

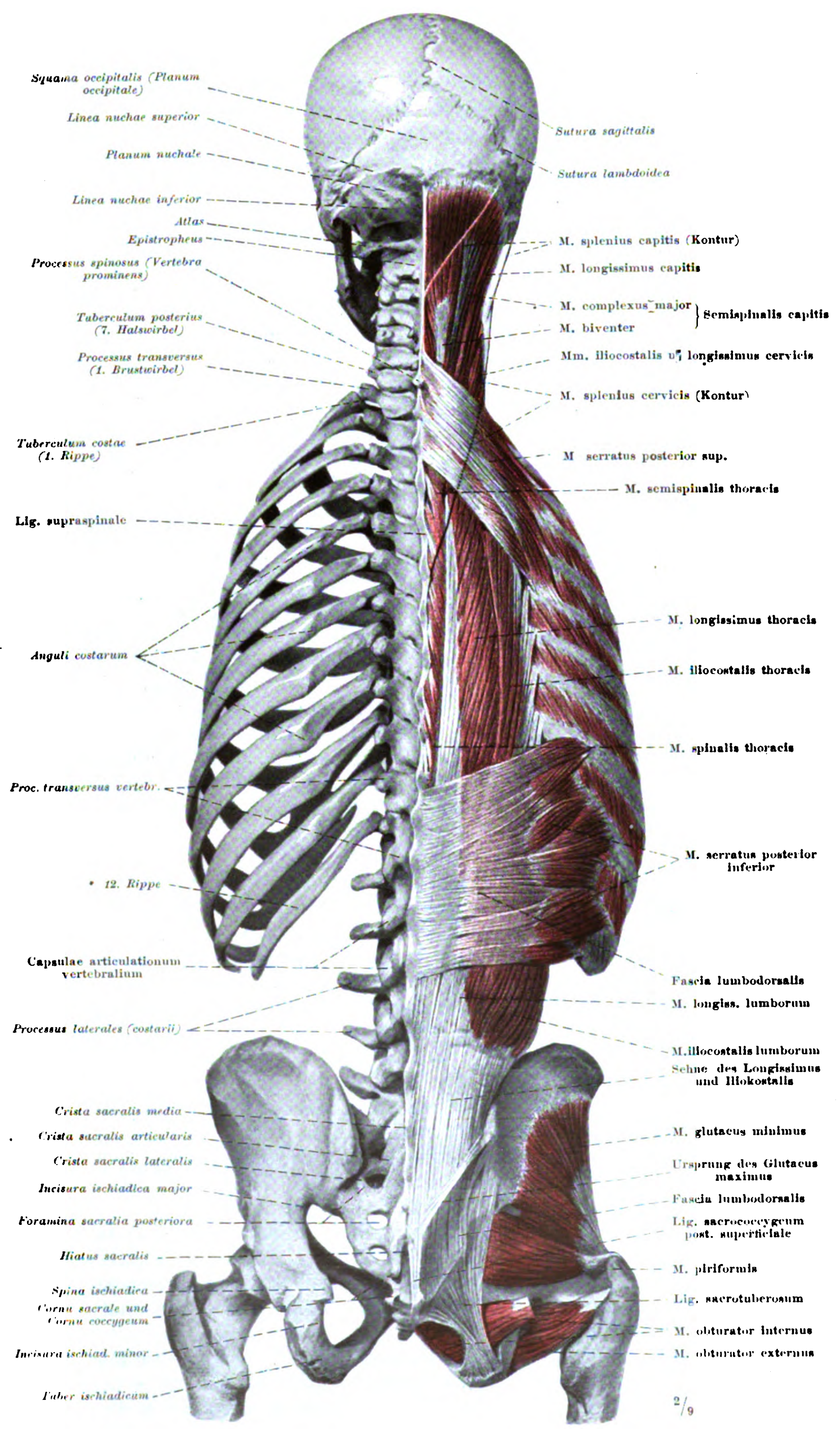


Abb. 59. **Die tiefen Rückenmuskeln** in situ, in der natürlichen Form. Der Splenius ist herausgenommen, daher der Zwischenraum zwischen Serratus posterior superior und Erector trunci. Von der Fascia lumbodorsalis sind rechts zwei Streifen erhalten, welche den beiden Serrati als Ursprungsaponeurosen dienen; sonst ist die Faszie entfernt.

und sonstigen Inhalt (Nerven- und Gefäßästchen) werden von der Fascia lumbodorsalis, der Muskelbinde der gesamten autochthonen Rückenmuskulatur, gegen die darüber liegenden Muskeln beiderseits abgeschlossen. Sie formt mit der Wirbelsäule einen osteofibrösen Kanal (Abb. 97), in welchem die Muskeln insgesamt wie in einer Röhre liegen. Am deutlichsten ist diese „Führung“ für die Muskeln auf dem Querschnitt durch die Lendengegend zu erkennen (Abb. 108). Die Fascia lumbodorsalis beginnt hier mit einem tiefen Blatt (auch Lig. lumbocostale genannt) von den Seitenfortsätzen der Wirbel, liegt auf der Unterfläche des Longissimus und Iliokostalis, biegt am lateralen Rand des letzteren in ihr oberflächliches Blatt um und erreicht mit diesem die Wirbeldornen der Lendenwirbelsäule und des Kreuzbeins. Nach dem Kopfe zu ist die Faszie weniger stark entwickelt, aber doch deutlich über alle Einzelteile des gesamten medialen und lateralen Muskeltraktes bis zum Schädel zu verfolgen. Mechanisch vertritt sie dort der Splenius (S. 102). Medial bleibt die Faszie an den Dornfortsätzen, lateral an den Rippen und Rippenrudimenten von Brust und Hals angeheftet.

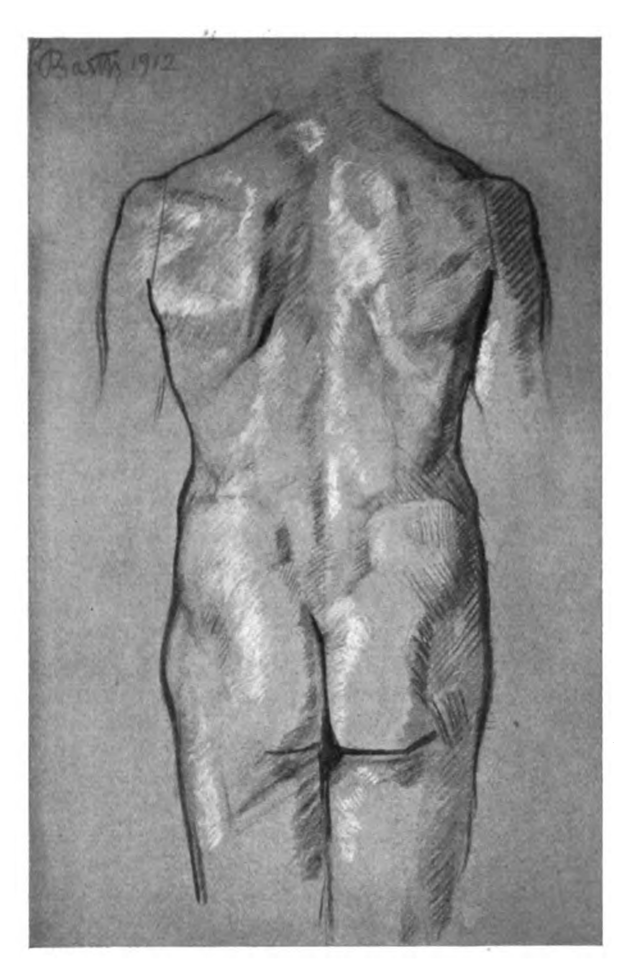


Abb. 60. Oberfläche des Rückens, zur Erläuterung des Muskelreliefs siehe Abb. 131.

Die Führung durch die Faszie hält alle Muskeln in einer Loge fest beisammen. Die Form der Muskeln ist deshalb im ganzen nur zu verstehen, wenn die Lage beibehalten wird, welche im Leben durch die „Führung“ gewährleistet wird. Dies ist bei den in diesem Buch abgebildeten naturgetreuen Modellen durch geeignete technische Behandlung des Originals geschehen. Gewöhnlich geht bei den Muskeln während der Präparation an der Leiche die natürliche Form so gut wie ganz verloren.

Fascia „lumbodorsalis“ wird die Muskelbinde deshalb genannt, weil sie in der Lenden- und Brustgegend am meisten auffällt. Dies ist dadurch bedingt, daß in diesen Teilen des Rückens solche Muskeln, welche nachträglich eingewandert sind, an der Faszie Ursprung genommen und gerade durch diese Befestigung den Weg in der Richtung auf die Wirbeldornen hin gefunden haben. Die Faszie wird hier Aponeurose für oberflächliche Muskeln (z. B. Serrati, Abb. 59). Dies wird später im einzelnen zu besprechen sein. Über dem Splenius heißt die dünne Fortsetzung der Fascia lumbodorsalis Fascia nuchae.

Der Erector trunci im Oberflächenbild des Rückens

Die gesamte Eigenmuskulatur des Rückens ist durch den Einschluß und die Führung in einem osteofibrösen Kanal in allen Stellungen des Körpers genau lokalisiert. Trotz übergelagerter Muskeln, die in der Brust- und Halsgegend am meisten auftragen, ist der Muskelstrang deutlich im Oberflächenbild des Körpers ausgedrückt (Abb. 60). Man sieht über dem Kreuzbein und in der Lendengegend zwei Muskelbäuche (gesamte autochthone Muskeln, Erector trunci, Abb. 131), zwischen welchen die Wirbeldornen in einer Furche eingesunken sind; nur wenn das oberflächliche Blatt der Faszie reißt, kann im Leben der Erector trunci seine feste Lage aufgeben und aus der osteofibrösen Rinne heraus seitwärts rutschen (Luxation der tiefen Rückenmuskeln). Dann ist statt des Muskelwulstes an der entsprechenden Stelle wie im Gegenbeispiel eine Einbuchtung der Haut in die leere Rinne hinein wahrzunehmen.

Das Muskelfleisch des Erector trunci setzt sich gegen die gemeinsame Aponeurose in einer nach oben konkaven Linie ab (Abb. 59). Diese Linie begrenzt die „Lendenraute" des Oberflächenbildes nach oben zu (Abb. 60). Nach der Seite zu sind oft Rippen und Rippenansätze des Iliokostalis sichtbar. Nach oben zu leuchtet die Form des Gesamtzuges durch. Im einzelnen ist oft der Semispinalis thoracis neben den Brustdornen zu sehen und selten vom Semispinalis capitis (Complexus major) eine kleine Stelle neben dem Trapeziusursprung am Kopf (vgl. Abb. 131).

2. Rückenmuskeln ventraler Abkunft (Tabelle Nr. 15—20).

Ventrale Mm. intertransversarii und M. rectus capitis lateralis (Tabelle Nr. 15, 16), Abb. 52, 97

Musculi intertransversarii. Die ventralen Rumpfmuskeln haben als Interkostalmuskeln in der vorderen Rumpfwand große Verbreitung. Rippenrudimente an Hals und Lende, welche mit den Wirbeln verschmolzen sind (Abb. 46), haben Reste von Interkostalmuskeln in engere Beziehung mit der Wirbelsäule selbst gesetzt. Sie heißen Mm. intertransversarii, wie die dorsalen Muskeln der gleichen Stelle (Tabelle Nr. 3 und 15, Abb. 52, Lendengegend rechts, schwarz und rot). Richtiger wäre es, die ventralen Muskelchen Intercostarii zu nennen. Bei den Halswirbeln verbinden sie die den Rippen entsprechenden Vorsprünge, nämlich die vorderen Höcker, und werden als vordere Gruppe unterschieden von der hinteren Gruppe, welche dorsalen Ursprungs ist. Beide haben identische Wirkung. Ein ventraler Intertransversarius ist auch der M. rectus capitis lateralis (Abb. 52, rechts, schwarz). Da die Querfortsätze der Halswirbel und der Processus jugularis des Hinterhauptes stark seitlich ausladen, so ist die Hebelwirkung des an sich kleinen Muskelchens im Sinn einer seitlichen Neigung von Hals und Kopf nicht unbeträchtlich.

Bei den Lendenwirbeln ist an den Processus laterales die entsprechende Muskelgruppe zu finden. Sie heißen hier laterale Gruppe, weil die dorsalen Muskeln weiter medial liegen (Tabelle Nr. 15 und Nr. 3). Auch hier ist die Mitwirkung bei der Seitenbiegung des Rumpfes beträchtlich (Abb. 52, es sind nur zwei Repräsentanten der überall zwischen den Lendenwirbeln vorhandenen Muskeln angegeben, welche in Wirklichkeit den ganzen Zwischenraum zwischen den Seitenfortsätzen ausfüllen, Abb. 97 links).

Mm. levatores costarum (Tab. Nr. 17), Abb. 52, 53, 97

Musculi levatores costarum. In der Brustregion haben oberflächliche Zwischenrippenmuskeln mit ihren Ursprüngen auf den Querfortsätzen der Brustwirbel Fuß gefaßt. Sie können hier von den Wirbeln aus auf die Rippen wirken. Die kurzen Muskeln dieser Art sind noch metamer, die langen im unteren Teil der Brust gehen durch zwei Segmente bis zur übernächsten Rippe (Abb. 52 rechts, schwarz; es ist nur eine Gruppe gezeichnet; die Übertragung des Muskelzugs vom transversospinalen System auf den Obliquus abdom. externus und umgekehrt wird durch diese Muskeln vermittelt, Abb. 57).

Mm. serrati posteriores (Tab. Nr. 18, 19), Abb. 59

Musculi serrati posteriores. Sie entsprechen Komplexen von Levatores, welche zu flachen Muskelplatten vereinigt sind. Sie haben den Weg auf die Oberfläche des Erector trunci genommen und durch Vermittelung von dessen Faszie die Wirbeldornen erreicht (Abb. 9). Die Levatores liegen dagegen unter dem Erector trunci. Der obere Serratus hat die Richtung der Levatores und geht an obere Rippen, die er erst lateral vom Iliokostalis erreichen kann, weil er oberflächlicher als dieser liegt (Abb. 59). Die Hebelwirkung ist deshalb beträchtlich. Der Serratus inferior hängt oft durch eine besondere sehnige Platte, welche in die Fascia lumbodorsalis eingewebt ist, mit dem Serratus superior zusammen. Ob er durch Umordnung der Fasern aus letzterem hervorgegangen ist oder ob er einem Intercostalis internus (S. 156) entspricht, ist unsicher. Er zieht beim Menschen schräg nach außen und oben zu unteren Rippen und ist meist viel mächtiger als oberflächlich zu sehen ist. Denn von seinen vier breiten Bäuchen überdeckt der oberste zum großen Teil den zweiten, dieser den dritten usw. (in dem der Abb. 59 zugrunde liegenden Objekt ist der Muskel nicht typisch ausgebildet; solche Abweichungen sind häufig.) Beide Serrati posteriores zusammen ziehen die oberen und unteren Rippen in entgegengesetzter Richtung auseinander, wirken also auf den Brustkorb erweiternd wie auf einen Harmonikazug.

Extremitätenmuskeln (Tab. Nr. 20)

Musculi extremitatis superioris. Zu den ventralen Muskeln rechnen auch die oberflächlichen Rückenmuskeln, welche von der Extremität her eingewandert oder zu dieser hin von den Rumpfmuskeln abgeschwenkt sind (Abb. 9 rechts, hellgelb und orange). Sie gehören sämtlich zur vorderen Extremität, reichen aber trotzdem bis zum Becken herab und sind sehr wichtige Bestandteile des Rückens geworden, die auf die Wirbel und Rippen beträchtliche Wirkungen ausüben. Ihre Hauptbedeutung ruht aber auf den Beziehungen zur Gliedmaße, bei welchen sie deshalb abgehandelt werden (siehe Schultermuskeln).

IV. Bänder und Gelenke zwischen den einzelnen Wirbeln und zwischen Wirbeln und Rippen als passive Bewegungsfaktoren.

Die Bewegung der Wirbel gegeneinander wird teils von Muskeln ausgeführt, welche direkt an den Wirbeln angreifen, teils von solchen, welche durch Vermittlung der vertebralen Rippenenden indirekt auf die Wirbel wirken. Die letzteren haben die größere Hebelkraft. Aber die Richtung und Ausdehnung der Wirbelbewegung ist außer von diesen aktiven Apparaten in hohem Maß abhängig von passiven. Als solche kommen in Betracht die Wirbelverbindungen und Wirbelrippenverbindungen. Bänder und Gelenke geben je nach ihrer speziellen Anordnung Bewegungen, welche von den Muskeln ausgeführt werden, nur in ganz bestimmten Richtungen frei und verhindern sie nach anderen Richtungen (Führung). Dazu gehört auch die Übertragungsmöglichkeit der Bewegung eines Knochens auf einen anderen, z. B. der Rippe auf den Wirbel, da diese durch die Art der Junktur zwischen beiden bestimmt ist. Bei den möglichen Bewegungen ist wieder der Anschlagspunkt, bei welchem die Bewegung im äußersten Fall zum Stillstand kommen muß (Hemmung), durch Bänder oder Knochen festgesetzt. Es hemmen nicht selten auch Muskeln, welche passiv so lange gedehnt werden, bis sie nicht weiter nachgeben können. Für die im Leben übliche Ausschlagsgröße der Bewegungen sind die Muskeln, welche durch die aktive Bewegung gedehnt werden, sogar wichtiger als die Bänder, weil der Muskelschmerz Extrembewegungen hindert. Nur bei letzteren setzt die Sicherung durch Bandhemmungen u. dgl. ein. Innerhalb der passiven Apparate, welche diesen verschiedenen Aufgaben dienen, haben bestimmte wieder eine besondere Bedeutung. Sie sind an den Bogen der Wirbel

Allgemeines über Hemmungen (generelle Knochenform und Muskeln)



lokalisiert; unter ihnen sind die Gelenkfortsätze besonders wichtig. Sie stemmen sich keilförmig gegeneinander, so daß die Schneide des einen Keils neben der Basis des anderen liegt, und daß die einander zugewendeten Flächen um so mehr gegeneinander gepreßt werden, je stärker die Belastung ist (Abb. 61). Tatsächlich verschwinden regelmäßig bei Deformitäten der Wirbelsäule die Gelenkfortsätze der Brustwirbel; dadurch wird erst die Abweichung von der Norm möglich (Skoliose). Wie bedeutungsvoll die Bogen im ganzen für die Einschränkung der Bewegungen sind, wird an Präparaten klar, bei welchen die Bogen abgesägt und die Wirbelkörper mit ihren Verbindungen allein bewegt werden: „Körpersäule“. Es läßt sich die Körpersäule bei festgestelltem Becken von ihrer elastischen Ruhelage in senkrechter Stellung aus nach vorn und nach hinten so weit umbiegen, daß das obere freie Ende bis in Beckenhöhe, also in die gleiche Horizontale mit dem festgestellten Ende zu liegen kommt. Bei erhaltenem Wirbelbogen ist die maximale Biegung nach vorn und hinten lange nicht so ausgedehnt (Abb. 62).

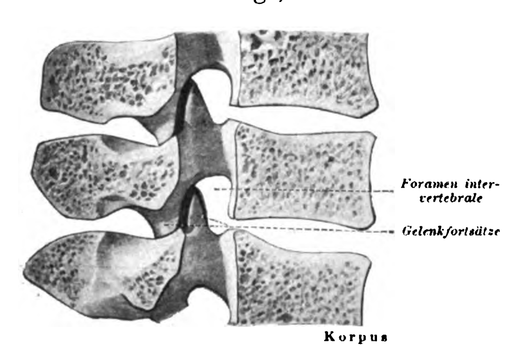
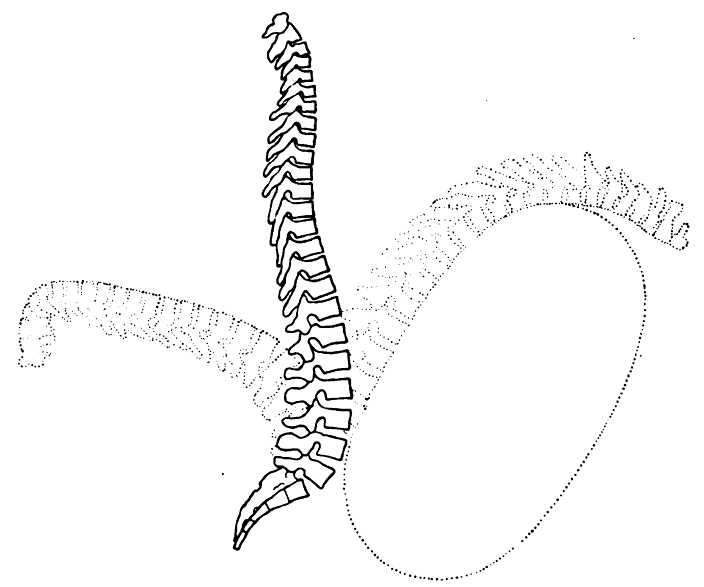


Abb. 61. Lendenwirbel, median halbiert in der natürlichen Lage.


Abb. 62. Wirbelsäule mit extremer Vor- und Rückbeugung (Umzeichnung nach H. Virchow). Die maximalen Ausschläge sind an einem Bänderpräparat festgestellt.

Die von den Körpern abgetrennten Bogen mit ihren Verbindungen lassen noch viel beträchtlichere Exkursionen zu als die Körpersäule; man kann ein solches Präparat zum Kreis zusammenbiegen, weil die Bandzüge zwischen den Knochen elastisch sind (Ligamenta flava). Für die Feststellung der Wirbel kommen also nur die Bogen und Körper in ihrem natürlichen Zusammenhang in Betracht. Zerstörungen der Körper (Pottsche Krankheit) führen zu Einknickungen der Wirbelsäule (Buckel, Gibbus).

Wenn wir beim Bücken den Körper extrem nach vorn neigen, so wird dabei das Becken in den Hüftgelenken mitbewegt (Abb. 85). Dadurch wird die Exkursionsmöglichkeit erhöht. Widerstand leisten nur die Muskeln an der Hinterseite des Körpers (von der Kniekehle hinauf bis zum Schädel), welche um so mehr gedehnt werden, je weiter die Beugung nach unten getrieben wird. Durch Übung kann diese Muskelhemmung erheblich herabgesetzt werden. Turnvorschriften („Mein System" u. dgl.) bevorzugen solche Übungen mit Recht, da sie die Elastizität des Körpers erhalten oder erhöhen. Beim Biegen des Körpers nach rückwärts ist die Rigidität der Bauchmuskeln im Wege (Abb. 86). Die Bauchdecken sind weiter von der Wirbelsäule entfernt als die Rückenmuskulatur und hemmen deshalb stärker. Da das Hüftgelenk außerdem nach hinten nicht beweglich ist, so ist zu dem Jongleurkunststück, den Kopf rückwärts zwischen die Beine zu stecken, eine extreme Dehnbarkeit der Bauchmuskeln, der Wirbel- und der vorderen Hüftgelenksbänder erforderlich; sie wird bei der Bewegung selbst dadurch zum Maximum gesteigert, daß die Hände von hinten die Unterschenkel umfassen und mit Gewalt den Kopf hinterrücks den Beinen nähern und zwischen ihnen hindurch nach vorn ziehen.

1. Die Verbindungen der Wirbel durch Faserknorpel und Bänder.

Verbindungen der Wirbelkörper („Körpersäule"), Abb. **64**, 67—69.

Die „Körpersäule" ist aus den knöchernen Wirbelkörpern, den Zwischenwirbelscheiben und zwei Längsbändern zusammengesetzt. Die Zwischenwirbelscheibe, Fibrocartilago intervertebralis, ist aus Faserknorpel gebildet (Abb. 63). Im Innern ist aus einem Überrest der Chorda welcher zu einem halbflüssigen Gewebe weiter entwickelt ist, der Nucleus pulposus entstanden

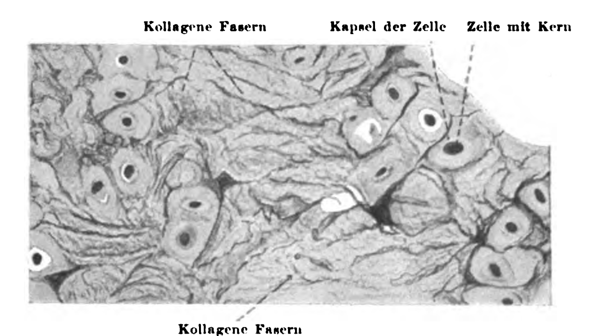


Abb. 63. Zwischenwirbelscheibe, Mensch. Faserknorpel. Von hyaliner Grundsubstanz sind an dieser Stelle nur die Zellkapseln zu sehen. Im übrigen dichter Filz von kollagenen Fasern.

(Abb. 6, 7). Auf ihm ruht der Wirbelkörper wie auf einem Wasserkissen (Abb. 64 b). Kippt der Wirbel nach vorn um, so verschiebt sich die Flüssigkeitsperle nach dem Wirbelkanal zu und umgekehrt, wie das Wasser im Wasserkissen von den Stellen des stärksten Druckes weggedrückt wird. Die Ruhelage des Nukleus ist bei Wirbeln, welche nach allen Seiten gleichmäßig bewegt werden können, zentral (Lendenwirbel, Halswirbel), sonst leicht exzentrisch (bei Brustwirbeln dorsal von der Mitte).

Die eigentliche Last wird durch diese Einrichtung gleichmäßiger auf den Faserknorpelring um den Nukleus herum verteilt: Anulus fibrosus. Die Fasern selbst sind in konzentrischen Lagen angeordnet, die abwechselnd glänzend und matt aussehen wie ein Damastmuster. In beiden Fällen beruht dies darauf, daß die Fasern der einen Schicht entgegengesetzt denen der folgenden Schicht verlaufen. Bei den Schichten der Zwischenwirbelscheibe ist die Anordnung ganz ähnlich wie bei den Knochenfibrillen in den HAVERSschen Säulen (Abb. 22, 27). Man sieht an der Oberfläche die zweite Schicht teilweise durch die oberste hindurch (Abb. 64 a). Die sich kreuzenden Fasersysteme fangen jede Beanspruchung der Säule auf, weil immer Fasern in Richtungen liegen,

welche den wirksamen Komponenten entsprechen. Die Zwischensubstanz zwischen den Fasern ist Knorpelgrundsubstanz und deshalb druckresistenter als Bindegewebe. Gegen den Knochen geht sie in eine dünne hyaline Knorpelscheibe über, welche die Wirkung starker Druck- und Zugkräfte bremst, ehe sie den Knochen selbst treffen.

Am gefährdetsten sind die Ränder der Wirbelkörper, die zertrümmert werden, wenn diese Knochen zu stark gegeneinander kippen. Dagegen besteht eine besondere Schutzvorrichtung in den Längsbändern, Ligamenta longitudinalia. Kippt der Wirbelkörper nach hinten um, so wird das vordere Band gespannt, kippt er nach vorn um, so spannt sich das hintere (Abb. 64). Beide sind besonders wirksam, weil sie vom Zentrum des Kissens weit weg liegen. Das vordere ist breit (Abb. 64, 67), denn ihm liegt die Aufgabe zu bremsen allein ob. Das hintere findet Unterstützung in allen Bogenverbindungen der Wirbel untereinander; deren Hebelwirkung ist um so größer, je weiter die betreffende Junktur nach hinten am Bogen liegt. Das hintere Längsband

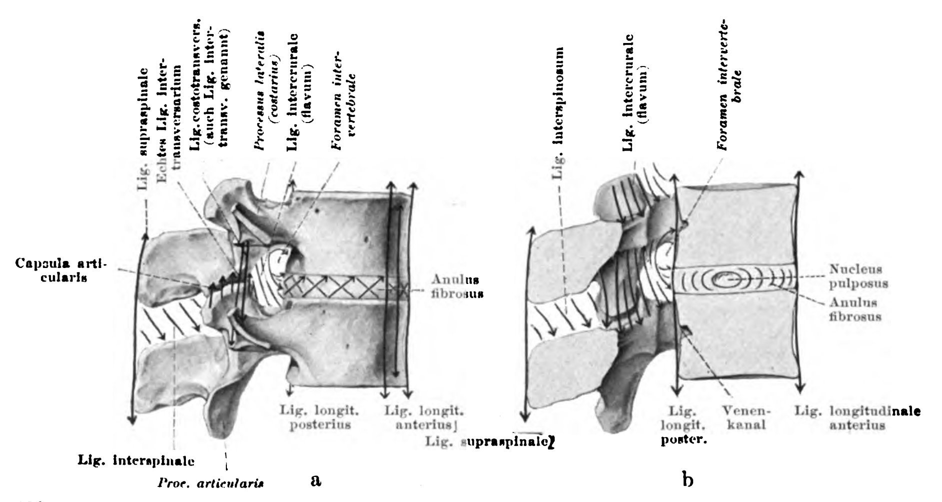


Abb. 64. Bänder der Lendenwirbelsäule, lineares Schema der Faserrichtungen. a) Seitenansicht, b) Medianschnitt zweier Wirbel.

ist wegen dieser mächtigen Beihilfen selbst schmächtig und nur an den Zwischenwirbelscheiben verbreitert (Abb. 69), mit welchen es gerade so wie das vordere Band verschmolzen ist. Die Stabilität gewinnt dadurch nicht unbedeutend. Die beiden Längsbänder erstrecken sich über die ganze Länge der Wirbelsäule. Durch die Zusammenhänge mit dem Periost der Vorder- und Hinterflächen der Wirbelkörper ebnen sie die Konkavitäten dieser Knochen einigermaßen aus. Am wenigsten ist das an der Vorderseite der Lendenwirbelsäule der Fall (Abb. 90, gestrichelter Kontur).

Verbindungen der Wirbelbogen, Abb. 59, 64, 90

Die Bänder der Bogen, welche das Klaffen der Zwischenräume verhindern und dadurch auch die Bewegungen der Körpersäule hemmen, sitzen an den Fortsätzen der Wirbel fest. Zwischen den Dornen spannen sich die Ligamenta interspinalia, zwischen den Querfortsätzen die Ligg. intertransversaria aus. Bei den Lendenwirbeln sind die echten Bänder der letzteren Art an den Processus accessorii befestigt, während die von dort zu den Processus laterales gehenden Bänder gleicher Wirkung von Wirbelrippenverbindungen abstammen (Ligg. costotransversaria, Abb. 64a). Die Ligg. interspinalia vereinigen sich über die Dornspitzen weg zu einem Lig. supraspinale, welches

besonders wirksam ist, weil es am weitesten von den Wirbelzentren entfernt liegt. Am Halsteil gewinnt es besondere Bedeutung. Denn dort setzt es sich von der Vertebra prominens aus als hohe, zwischen die Gabeln der Halsdornen und zwischen die beiderseitigen Nackenmuskeln eingefügte Platte bis zur Schädelbasis fort: Ligamentum nuchae (Abb. 139b).

Bei Tieren spielt das Nackenband eine besondere Rolle, weil dort das Schädelgewicht an der Wirbelsäule keinen Unterstützungspunkt hat, sondern durch die Muskeln frei getragen werden müßte, wenn nicht im Nackenband eine automatische Feststellung bestünde. Es ist bei ihnen aus unzähligen elastischen (gelben) Fasern gebildet, welche parallel angeordnet sind (Abb. 65) und selbst einem Raubtierschädel mit seinen großen Zähnen und Knochenwiderlagern oder dem behörnten Widerkäuerschädel das Gleichgewicht zu halten vermögen, indem sie an enormen Dornhebeln und dem weit ausladenden Hinterhaupt ansetzen (Abb. 80a). Will das Tier den Kopf bewegen, so vermag der aktive Muskelzug, solange er wirkt, das Gleichgewicht zwischen Kopfgewicht und Zug des Nackenbands zu stören. Hört er auf, so ist automatisch der Schädel in der betreffenden Stellung ausbalanciert. Auch hier wird Muskelkraft, welche stärkeren Nahrungsverbrauch voraussetzt und dem Körperhaushalt teurer zu stehen kommt als Bänderwirkung, nur während der Bewegung verwendet und in den Ruhestellungen gespart. Beim Menschen balanciert der Kopf bei aufrechter Körperhaltung auf der Wirbelsäule. Deshalb ist unser Nackenband nur ein Rudiment. Sind wir genötigt den Kopf länger in anderer Stellung zu halten, so haben die Nackenmuskeln die Last zu tragen. Bekannt sind die Nackenschmerzen bei Rekruten infolge des ungewohnten Helmgewichtes. Das Nackenband ist aber als dünne Platte zwischen den tiefen Nackenmuskeln immer noch deutlich und setzt sich bis zur Oberfläche der Rückenmuskulatur fort (zwischen die Trapezii). Die einzelnen elastischen Fasern entspringen an den Halsdornen und von der ihnen entsprechenden Krista des Hinterhauptes. Im übrigen ist die Platte beim Menschen mehr ein lockeres Septum zwischen den beiderseitigen Muskeln, in welches jene elastischen Fasern büschelförmig einstrahlen.

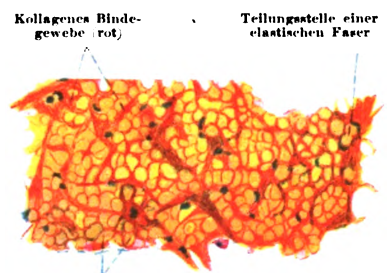


Abb. 65. Nackenband, Rind. Querschnitt; elastisches Bindegewebe, Färbung mit Pikrinsäure, Fuchsin, Hämatoxylin (van Gieson). Kollagene Fasern rot, elastische Fasern gelb (hier ist die gelbe Farbe künstlich; die natürliche Gelbfärbung ist ganz schwach und makroskopisch nur bei großen Massen von Fasern deutlich).

Auch zwischen den Bogen der Wirbel verlaufen elastische (gelbe) Bänder, Ligg. intercruralia (Abb. 64). Sie lassen nur für den Durchtritt von Gefäßen und Nerven jederseits ein Loch frei, Foramen intervertebrale, welches den Einschnitten der beiden Nachbarknochen entspricht (Incisurae vertebrales, Abb. 45—49). Diese elastischen Züge tapezieren den Zwischenraum zwischen den knöchernen Bogen so aus, daß in keiner Stellung Quetschfalten entstehen können, wie es bei Bändern aus straffem Bindegewebe möglich wäre. Die elastische Faser ist, solange sie an beiden Enden Befestigung und Halt hat, in jeder Stellung gerade und verbindet die Befestigungspunkte auf dem kürzesten Wege. Es ist zum Schutz des Rückenmarkes und der ihm aufliegenden Gefäße wichtig, daß die Wand des Rückgratkanales in jeder Stellung glatt und faltenfrei bleibt. Die inneren Widerstände, welche die elastischen Zwischenbogenbänder der Dehnung entgegensetzen, kommen auch der Hemmung von Bewegungen der „Körpersäule" zugute. Insofern unterstützen sie die obengenannten Bandapparate, die aus straffem Bindegewebe bestehen.

Elastische und straffe Fasern, welche in jedem Bindegewebe gemischt vorkommen, sind bei der Wirbelsäule in spezialistischer Weise weitergebildet, indem reines elastisches Gewebe den Vorrang bekommt, wo es wesentlich auf die innere Eigenschaft ankommt, Dehnungen wieder auszugleichen (Zwischenbogenbänder, Nackenband), reines straffes Gewebe dagegen, wo bloß passiver Wider-

stand gegen Dehnungen gefordert wird (alle reinen Hemmungsbänder; zu ihnen gehört auch die folgende Kategorie von Bändern).

2. Die Wirbelrippenverbindungen.

Beziehungen zum Brustkorb und zur Wirbelsäule

Die Rippe ist so an der „Körpersäule" der Wirbel und an den Querfortsätzen der Bogen befestigt, daß sie sich um ihre eigene Achse drehen kann (Doppelpfeil Abb. 66). Ihre Bewegung kommt lediglich dem Brustkorb zugute und wird uns bei diesem beschäftigen. Für die Wirbelsäule ist die negative Seite ausschlaggebend, daß nämlich die Rippe sonst unbeweglich am Wirbel befestigt ist und wie ein langer Hebel jede Bewegung — außer um ihre Achse — ungeschwächt auf den Wirbel übertragen kann und umgekehrt an jeder Bewegung des Wirbels teilnimmt. Diese Beziehung zwischen Rippe und Wirbel ist durch ein Naturexperiment klargelegt: an der Lenden- und Halswirbelsäule, wo der Brustkorb fehlt, bleiben trotzdem diejenigen Rippenteile erhalten,

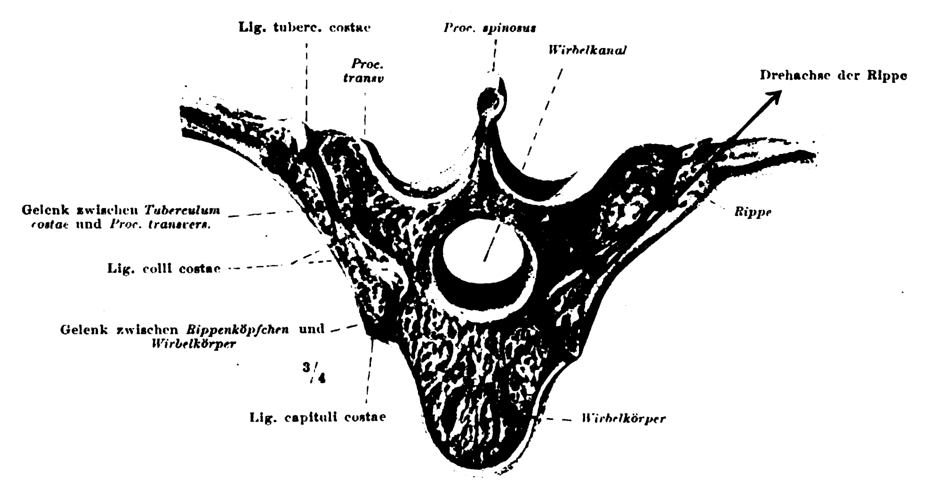


Abb. 66. Wirbelrippenverbindung und Gelenkspalten. Horizontalschnitt.

welche mit den Wirbeln zusammen einen Bewegungsmechanismus bilden (Abb. 46, links).

Die Bänder, welche Rippe und Wirbel miteinander verbinden, erfüllen die doppelte Aufgabe: zu verhindern, daß bei der Übertragung von Bewegungen der Rippe auf den Wirbel und umgekehrt Kraft verloren geht, und zu ermöglichen, daß das vertebrale Rippenende um seine eigene Achse drehbar bleibt. Befände sich zu Seiten des Wirbels je eine unbewegliche, starrwandige Röhre, in welcher sich die Rippe als Zapfen drehte, so wäre die Doppelaufgabe am einfachsten gelöst. Einzig die Bewegung des Zapfens um die eigene Achse wäre in der Röhre freigegeben; die Röhre selbst und mit ihr der Wirbel müßten sich dagegen mitbewegen, sobald der Zapfen irgend eine andere Bewegung macht. Bei der Wirbelrippenverbindung ist im Prinzip das gleiche durch eine Kombination von Knochen und Bändern erreicht, welche ähnliches leistet wie ein Zapfengelenk, aber nicht so starr ist und bei Stößen nachgeben kann. Die Bänder werden dabei durch die Zwischenrippenmuskeln unterstützt. Es geht bei der Übertragung etwas an Kraft verloren, aber das kommt der Bruchsicherheit zugute. Von der starren Wand der Röhre ist an zwei Stellen je eine knöcherne Stützfläche vorhanden: am Querfortsatz und am Wirbelkörper (resp. an zwei

benachbarten Wirbelkörpern, Abb. 68). Alles übrige ist durch Bänder ersetzt, die an zwei Wirbeln ihren Halt haben: erstens an dem Wirbel, dessen Querfortsatz der Rippe als Widerlager dient und zweitens an dem nächst höheren Wirbel.

Verbindungen der Rippe mit dem zugehörigen Wirbel, Abb. 66–69

Betrachtet man zunächst die Bänder, welche in dem gleichen Niveau mit der Rippe liegen, so hängt die Rippe an ihnen wie der Darm an einem kurzen Mesenterium; es gibt Bänder zum Rippenköpfchen, zum Rippenhals und zum Rippenhöcker (Abb. 66), also überhaupt jede mögliche Kombination. Die Verbindungen des Köpfchens liegen teils oberflächlich und gehen radiär zu den beiden Wirbeln und der Zwischenwirbelscheibe, mit welcher die Rippe artikuliert: Lig. capituli costae radiatum

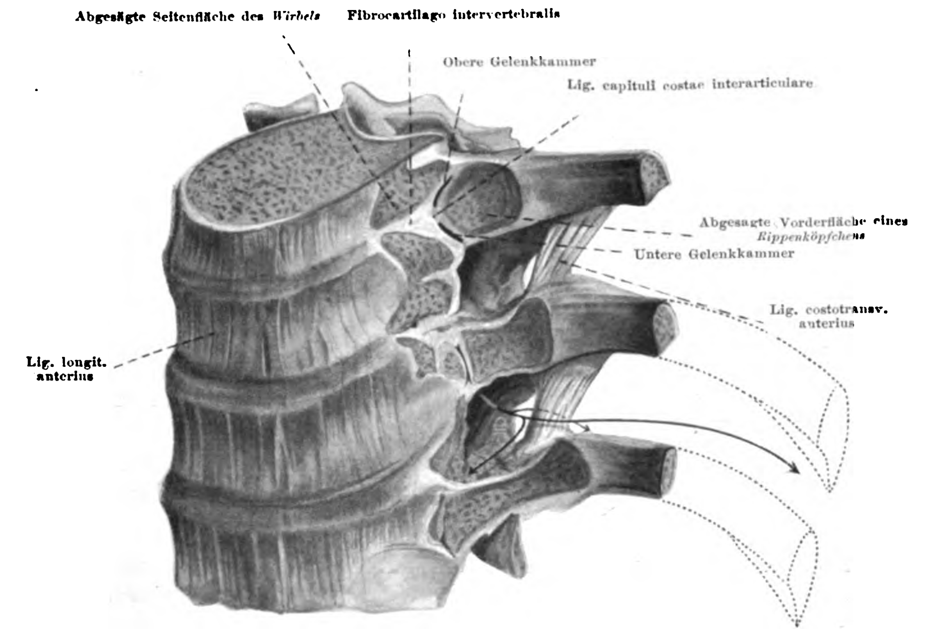


Abb. 67. Wirbelrippenverbindung. Ansicht schräg von vorn. Von den Wirbelkörpern und von den Rippenköpfchen ist so viel abgefräst, daß die Gelenkkammern geöffnet vorliegen. Der 3fache Pfeil entspricht den 3 Ästen des Spinalnervs: Ramus anterior (s. intercostalis) nach außen, R. posterior nach hinten, R. visceralis (s. communicans) nach vorn.

(Abb. 68, Pfeilspitzen nach links); teils gehen Faserzüge von einer Knochenleiste des Rippenköpfchens zwischen den Gelenkflächen zur Zwischenwirbelscheibe und liegen so unter dem Lig. radiatum versteckt, Lig. capituli costae interarticulare (Abb. 67, 68, Pfeilspitzen nach rechts). Die Fasermasse zwischen Rippenhals und Vorderkante des Querfortsatzes heißt Lig. colli costae (Abb. 46, Pfeile, 66), das Band zwischen Rippenhöcker und Spitze des Querfortsatzes Lig. tuberculi costae (Abb. 69). Letzteres liegt in der Kapsel des Gelenkes zwischen Rippe und Querfortsatz und ist als Verstärkung aus dieser Kapsel entstanden (Abb. 66). Indem die genannten Bänder wie ein Mesenterium an die Rippe herangehen, befestigen sie die Knochenspange am Wirbel und ermöglichen doch die Drehung um eine Achse, die in der Richtung der Ansatzlinie der Bänder d. h. des Rippenhalses liegt (Doppelpfeil).

Verbindungen der Rippe mit

Die Verbindungen der Rippe mit dem Querfortsatz des nächst höheren Wirbels verstärken die Befestigung der Rippe an der Wirbelsäule nach der

dem nächsthöheren Wirbel, Abb. 67–69

gefährdetsten Seite hin. Denn die meisten Muskelzacken greifen vom Sakrum her an die Rippen an und versuchen die Rippen beckenwärts zu luxieren (Abb. 52). Demgegenüber ist die Rippe am nächst höheren Querfortsatz wie an einem Galgen aufgehängt. Man nennt diese Bänder Ligamenta costotransversaria (Abb. 68), ein Name, der leicht mißverstanden werden kann, weil diese Bänder nicht die einzigen Verbindungen zwischen Rippen und Querfortsätzen sind (siehe die im vorigen Abschnitt genannten). Sie haben noch die besondere Aufgabe eine zu starke Drehung der Rippe um die eigene Achse zu hemmen. Wenn der M. iliocostalis und M. longissimus mit Hilfe der Rippenbefestigungen (Abb. 52) die Wirbelsäule nach der Seite biegen, so muß eine zu starke Drehung der Rippen unmöglich sein, weil sonst die Kraft der Muskeln nicht für die Biegung des Rumpfes wirksam wird. Das besorgen alle Wirbelrippenverbindungen, insbesondere aber die Ligg. costotransversaria, von welchen das vordere (Lig. costotransv. anterius, Abb. 67) mehr der Senkrechten, das hintere (Lig. costotransv. posterius, Abb. 69) mehr der Wagerechten genähert ist. Es wird dadurch der schrägen Richtung der Insertionszacken der genannten Muskeln Rechnung getragen.

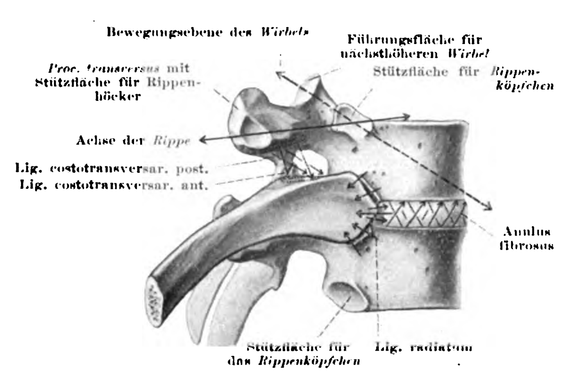


Abb. 68. Wirbelrippenverbindung. Lineares Schema der Faserrichtungen.

3. Die Gelenke zwischen den Wirbeln und die ihnen eigenen Führungen.

Gelenkverbindung der Brustwirbel untereinander

Die Gelenkverbindungen der Wirbel untereinander sind von allen Verbindungen der Bogen (inkl. der den Bogen verbundenen Rippen) am wichtigsten für die Führung der Bewegungen. Alle bisher besprochenen Verbindungen beschränken oder befördern die Exkursionen der „Körpersäule". Die Gelenkfortsätze geben ihnen eine bestimmte Richtung, welche für die verschiedenen Teile der Wirbelsäule verschieden ist. Je zwei sind durch eine Gelenkkapsel miteinander verbunden, Capsula articularis (Abb. 90), welche so viel Spielraum läßt, daß die Gelenkflächen aufeinander hin und her rutschen können (Schiebegelenk).

An den Brustwirbeln stehen die Gelenkfortsätze so, daß die beiden Gelenkflächen in einer Kreislinie liegen, welche man um einen Punkt nahe dem vorderen Rand des Wirbelkörpers beschreiben kann (Rotationsachse, Abb. 45c). Man denke sich, daß dieser Kreisbogen in einer Ebene liegt, welche zu den Gelenkflächen senkrecht steht und deshalb schräg gerichtet ist (gestrichelter Doppelpfeil, Abb. 68). Das Zentrum des Kreises im vorderen Längsband der Wirbelkörper ist der Drehpunkt, um welchen der Wirbel rotieren kann, wenn sich der menschliche Körper um eine senkrechte Achse dreht (Längsrotation, Abb. 87). Der Wirbel kann um den gleichen Punkt nach vorn oder hinten gekippt werden (Flexion nach vorn und hinten, Abb. 85, 86), wenn die Drehung um eine horizontale Achse vor sich geht. Eine Bewegung um die sagittale Achse müßte dazu führen, daß auf der einen Körperseite die Gelenkflächen, voneinander entfernt, also luxiert, und daß auf der anderen Körperseite die Gelenkfortsätze

zertrümmert würden. Eine Bewegung der Brustwirbelkörper nach der Seite (laterale Flexion) ist daher nur in ganz geringem Grade ausführbar, doch summieren sich bei der Zahl der Wirbel schließlich diese Bewegungen so, daß die Gesamtbiegung größer als beim Halsteil der Wirbelsäule ist. Am häufigsten tritt wegen der schiefen Stellung der Bewegungsebene (Abb. 68) eine Zwischenbewegung zwischen Rotation und Lateralflexion ein, die entweder in Rotation nach der konkaven oder konvexen Seite bestehen kann, je nachdem bei Beginn der Bewegung die Wirbelsäule gestreckt oder gebeugt war.

Das Vorkommen besonderer Musculi rotatores im Brustteil der Wirbelsäule (S. 91) ist mit dem geschilderten Kreisbogentypus der Bewegung ursächlich verbunden. Eine einfache Schutzvorrichtung für das Rückenmark, nämlich die dachziegelförmige Anordnung der Brustdornen, veranlaßt, wie wir

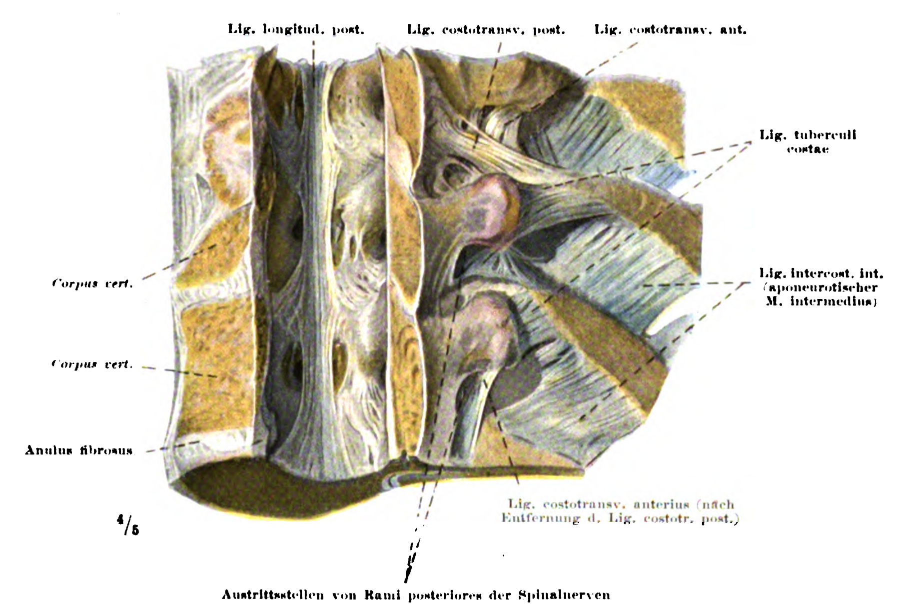


Abb. 69. Wirbelrippenverbindung. Rückgratkanal hinten und links eröffnet. Ansicht von hinten.

sahen, als Nebenprodukt das Zustandekommen besonderer Rotationsmuskeln; die neue Beanspruchung hat für den Knochen die Folge, daß die Gelenkflächen ihr Rechnung tragen, weil die Funktion für die Form des Knochens der entscheidende Faktor ist. So ist die anfängliche Nebenwirkung zur Hauptsache geworden; denn die Rotation der Brustwirbelsäule ist die wichtigste Funktion ihrer Wirbel. Eine kleine Senkung des einen Wirbelfortsatzes (Dorn) scheint der Ausgangspunkt gewesen zu sein für eine bestimmte Gestaltung eines anderen Fortsatzes (Gelenkfortsatzes), welcher damit die „Führung" des ganzen Systems gewinnt. Auch die Lage des nachgiebigen Nucleus pulposus hinter dem Mittelpunkt der Zwischenwirbelscheibe hängt damit zusammen (Abb. 64 b); denn die Abscherungskräfte sind um so stärker, je größer die Entfernung vom Drehpunkt im vorderen Längsband ist.

Gelenkverbindungen der Lendenwirbel (und der unteren

Die Längsrotation fehlt bei den Lendenwirbeln fast vollkommen. Die Gelenkflächen stehen bei ihnen fast in der Sagittalebene (Abb. 49, 64). Die oberen Fortsätze umfassen die unteren des nächst höheren Wirbels. Dies findet sich

Brustwirbel) untereinander

schon bei dem letzten oder sogar vorletzten Brustwirbel (Abb. 48), so daß der Gelenk- und Bewegungstypus der Lende bereits innerhalb des untersten Abschnittes der Brust beginnt. Die letzten Rippen sind infolgedessen auch anders angeordnet als alle übrigen, um der spezifischen Bewegung des Lendentypus folgen zu können (Costae fluctuantes, S. 141). Die Gelenkfortsätze können entweder im gleichen Sinn nach aufwärts und abwärts gleiten (kranial und kaudal), oder der rechte kann sich nach abwärts und gleichzeitig der linke nach aufwärts schieben. Im ersteren Fall kommt es in der Lendengegend zur Flexion unseres Körpers nach vorn oder hinten (Abb. 85, 86), im letzteren zur Lateralflexion in der Lende (Abb. 278). Beide Male wird der Körper um eine horizontale Achse bewegt, welche man sich durch die betreffende Zwischenwirbelscheibe gelegt denke; im ersten Fall verläuft die Achse in frontaler, im zweiten Fall in sagittaler Richtung. Um eine senkrechte Achse, welche durch die „Körpersäule" geht, ist keine erhebliche Drehung (Längsrotation) möglich, ohne daß auf der einen Körperseite die Gelenkflächen voneinander abgehebelt und ohne daß auf der anderen Körperseite die Gelenkfortsätze zertrümmert würden.

Die Lateralflexion der unteren Brust- und Lendenwirbel ist so ausgiebig, daß die letzten Rippen bis hinter den Darmbeinkamm gesenkt werden können, wie man durch Abtasten des Brustkorbes bei Seitwärtsneigung des Rumpfes leicht fühlen kann. Dabei wirken hauptsächlich die seitlichen tiefen Rückenmuskeln, welche am Becken entspringen und von da aus eine große Hebelkraft auf die Rippen und Querfortsätze der Wirbel ausüben können (Iliokostalis und Longissimus). Hier ist die Angliederung des Beckenringes an die Wirbelsäule der ursächliche Faktor gewesen, weil dadurch die Brücke für die Überwanderung lateraler Muskeln geschaffen (S. 99) und die besondere Hebelwirkung ermöglicht wurde. Der Beckenring selbst hat viel tiefer liegende Entstehungsursachen, über welche bei der unteren Extremität, der die Darmbeinschaufel angehört, zu berichten ist.

Gelenkverbindungen der Halswirbel untereinander

Einen mehr indifferenten Bewegungstypus ermöglichen die Gelenkfortsätze der Halswirbel. Je mehr sich ihre Flächen der Horizontalen nähern, um so allseitiger können sich die Halswirbel gegeneinander verschieben. Immerhin führt die leichte Neigung der Flächen dazu (Abb. 47a), daß bei Flexionen nach vorn jeweils die höheren Wirbelkörper treppenartig vor den niederen vorspringen. Dies wirkt abscherend auf die Zwischenwirbelscheiben und ist deshalb nur in geringem Maße möglich. Lateralflexionen, d. h. Neigungen des Kopfes zur Seite, werden zwar im einzelnen durch die weitausladenden Seitenfortsätze beschränkt, summieren sich aber zu einem beträchtlichen Gesamtausschlag, namentlich bei den unteren Halswirbeln. Längsrotationen sind vielleicht in geringem Maß möglich, werden aber von manchen Autoren bestritten. Sicher sind weitaus die ausgiebigsten Rotationsbewegungen und Flexionen nach vorn und hinten in den Gelenken zwischen Atlas und Epistropheus sowie zwischen Atlas und Schädel lokalisiert. Neben ihnen spielen alle übrigen Bewegungen der Halswirbelsäule eine mehr akzessorische Rolle mit Ausnahme der Seitenneigung, die hauptsächlich durch die Halswirbel (weniger zwischen Schädel und Atlas) ausgeführt wird.

4. Drehwirbel (Atlas, Epistropheus) und Drehgelenke für den Kopf.

Die beiden obersten Wirbel, Atlas und Epistropheus, sind durch ihre Namen als Träger und Dreher des Kopfes charakterisiert. Sie haben sich in die Aufgabe, den Kopf wie in einem Kugelgelenk zu bewegen, so geteilt: in dem Gelenk zwischen Schädel und Atlas, Articulatio atlantooccipi-

talis, ist die Drehung nach oben und unten möglich, Nicken des Kopfes[1]) (Sagittaldrehung); in dem Gelenk zwischen Atlas und Epistropheus, Articulatio atlantoepistrophica, erfolgt das Drehen des Kopfes nach den Seiten zu, Rotation (Horizontaldrehung). Eine Lateralflexion tritt nur in geringem Maß durch Kombinationswirkung beider Wirbel ein. Die beiden Wirbel sind als „Drehwirbel“ für den Kopf spezialisiert. Versteht man unter „Drehen“ im eingeschränkteren Sinne des Wortes nur das „Umwenden des Kopfes“ (Horizontaldrehung, Rotation), so ist gar nicht der Schädel selbst drehbar, sondern nur der Atlas (dem dabei der Schädel folgen muß!). Jeder der beiden obersten Wirbel hat die für seine Spezialaufgabe adäquate Form gefunden, so daß sie von den übrigen Wirbeln sehr stark abweichen.

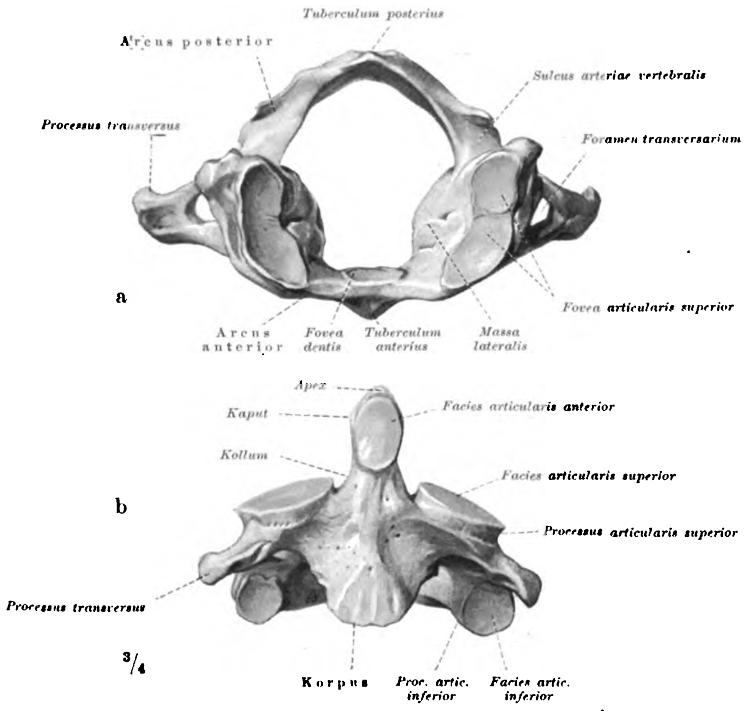


Abb. 70. a) Atlas von oben; b) Epistropheus von vorn.

Grundlegend für die Form beider Drehwirbel ist der Besitz eines Zapfens des Epistropheus, Dens (Abb. 70b). Er ragt vom Korpus senkrecht in die Höhe und wird vom Atlas umschlossen (Abb. 72). Statt des Körpers hat der Atlas einen tiefen Ausschnitt des Foramen vertebrale, welcher für den Zapfen des Epistropheus bestimmt ist und die Gelenkfläche, Fovea dentis, für ihn trägt (Abb. 70a). Der Zapfen ist an der Vorder- und Hinterseite mit einer besonderen Gelenkfläche versehen, mit welcher er an der vorderen Spange des Atlas, Arcus anterior, und an einem Querband, Ligamentum transversum (Abb. 72), artikuliert. Letzteres verhindert zugleich, daß der Zapfen in das Rückenmark hinein- **Form des Atlas u. Epistropheus Abb. 70–72**

[1]) „Nicken“ wird hier in dem doppelten Sinn der Abwärts- und Aufwärtsbewegung gebraucht, letztere entsprechend dem antiken ανανευειν = Verneinen, eine Ausdrucksbewegung, welche noch jetzt in Südeuropa weit verbreitet ist. Durch Abwärtsnicken zu bejahen ist überall üblich.



gelangen kann; Luxation des Zapfens infolge von schweren Verletzungen führt zur Zertrümmerung des Markes. Der Atlas dreht sich um diesen Zapfen hin und her wie die Nabe eines Rades um die Achse. Die Drehung, welche hier zustande gekommen ist, hat also einen ganz anderen morphologischen Untergrund als die Rotationen aller sonstigen Wirbel. Der Atlas selbst ist Träger für den Kopf und teilt diesem die Radbewegungen mit. In Beziehung dazu stehen die breiten Ausladungen nach den Seiten, Massae laterales (Abb. 70a), welche die nötige Basis für den Schädel ergeben und den Atlas neben seiner Ringform charakterisieren. Der Querfortsatz springt am weitesten von allen Halswirbeln vor (Abb. 59); seine Spitze ist zwischen Warzenfortsatz und Kieferwinkel durch die Haut zu fühlen. Jede Massa lateralis trägt auf der Oberseite eine Gelenkfläche für den Schädel, welche die Mitbewegungen vermittelt und Rotationen des Schädels selbst ausschließt; auf der Unterseite hat jede Massa lateralis eine Gelenkfläche für den Epistropheus (Abb. 73).

Die beiden Drehgelenke zusammen, die ursprünglich eine Gelenkhöhle bildeten, sind beim Menschen in sechs separate Gelenkkammern zerlegt, von welchen zwei zwischen Atlas und Schädel liegen (Abb. 72), vier zwischen Atlas und Epistropheus (Abb. 73, 74).

Sicher wissen wir, daß der Wirbelkörper des Atlas den größten Teil des Dens aufbaut; dieser Übergang ist auch in der Entwicklungsgeschichte des Menschen zu verfolgen, während die Wirbelanlage bindegewebig ist. Später tritt ein separater Knochenkern auf, welcher dem Atlaskörper entspricht (Abb. 82 b). Die Entstehung des Dens epistrophei knüpft vermutlich an die Chorda an, welche vom obersten Wirbelkörper aus in den Schädel eintritt und in diesem nach vorn bis zur Sattelgrube zu verfolgen ist. Es erhält sich häufig zeitlebens ein Rest der Chorda zwischen Spitze des Dens und Schädelbasis, das sog. „Ligamentum" apicis (Abb. 74), während die Chorda im Schädel selbst bei der Verknöcherung verschwindet. Anfänglich ist um die Chorda eine Raddrehung des Schädels möglich, wenn sie durch Anlagerung von Knochenmaterial versteift ist. Dieses entstammt höchstwahrscheinlich mehreren Wirbeln, von welchen die meisten (3) in den Schädel aufgenommen wurden und in dessen Okzipitale eingeschmolzen sind. Während sonst kaum zu verstehen wäre, wie aus sich gegeneinander bewegenden Elementen Material eines Wirbels dem folgenden über die Gelenkspalte hinweg zugeteilt werden könnte, ist die Konstellation in der Umlagerungszone am oberen Wirbelsäulenende gerade günstig für einen solchen Vorgang. Indem die Seitenteile von Wirbeln mit dem Hinterhauptsknochen des Schädels verschmelzen oder sich so mit ihm verbinden, daß durch die Art der Gelenkverbindung eine Raddrehung des Kopfes gegen den Atlas unmöglich wird, ist lateral beiderseits an der mechanisch günstigsten Stelle eine verstärkte Basis für die Verbindung des Schädels mit der Wirbelsäule geschaffen und dazwischen das Material gerade der Wirbelkörper disponibel geworden. Es kann längs der Chorda Anschluß an den Epistropheus gewinnen.

Vom Atlaskörper bleibt eine vordere und hintere Spange erhalten, die vordere als knöcherner Arcus anterior des Atlas, die hintere als ligamentöse Brücke, Querband des Atlas (Ligamentum transversum, Abb. 72).

Am hinteren Bogen des Atlas ist der Rest eines Dorns als Tuberculum posterius sichtbar. Die Gefäße, welche das Foramen transversarium passieren, besonders die Arteriae vertebrales, gewinnen den Eintritt in den Schädel und zum Gehirn durch dasselbe Loch wie das Rückenmark (Foramen occipitale magnum). Sie gehen dem Gelenkhöcker des Atlas aus dem Wege in einem Bogen, welcher im Sulcus arteriae vertebralis abgedrückt ist (Abb. 70a, 71). Die beiderseitigen Gefäßbogen haben den besonderen Vorteil, daß bei Bewegungen in beiden Drehgelenken auf der gedehnten Seite für die Arterie Spielraum bleibt, so daß der Blutstrom nicht leicht abgedrosselt werden kann. Außerdem vereinigen sich beide Arterien im Schädel und gleichen dadurch für das Gehirn schädliche Druckschwankungen der Blutsäule aus, welche bei extremen Bewegungen durch die Drehgelenke einseitig veranlaßt werden können.

Am Dens des Epistropheus (Abb. 70b) unterscheidet man Apex, Kaput und Kollum. Die Unterfläche des Wirbels und seine sonstige Konfiguration entspricht den Halswirbeln. Einzig die oberen Gelenkhöcker müssen der Radbewegung entsprechend geformt sein. Sie bilden flache Rollen, auf deren höchster Wölbung die konvexen unteren Gelenkfortsätze des Atlas wie auf einer Schneide ruhen.

Beide Gelenkflächen berühren sich in jedem der beiden Gelenke nur in einer Linie. Bei der Radbewegung um die vertikale Achse rutscht alternierend der eine Atlashöcker vom oberen Epistropheushöcker nach vorn und der andere nach hinten um etwa 2 mm Höhe hinab (Abb. 71). Die Verkürzung der Wirbelsäule ist ein gewisser Ausgleich für die seitliche Bewegung des hinteren Atlasbogens bei der Raddrehung, welche sonst abscherend auf das Rückenmark wirken könnte. Übrigens summieren sich ähnliche Bewegungen sämtlicher Halswirbel so, daß der menschliche Körper bei scharfer Seitendrehung des Kopfes deutlich kleiner wird. Legt man wie beim Messen der Körperhöhe eines Menschen, der mit Blick geradeaus an die Wand gestellt ist, einen rechten Winkel dem Scheitel an und hält den Winkel fest an die Wand gepreßt, läßt dann den Kopf in der gleichen Horizontalebene seitlich drehen, so fühlt die Versuchsperson, wie ihr Kopf sinkt, weil der Kontakt mit dem Winkel verloren geht.

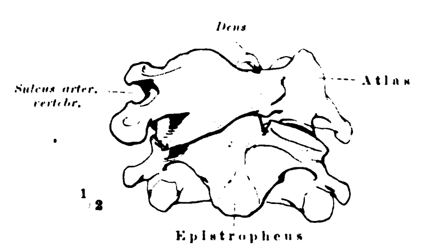


Abb. 71. **Rotation** (Horizontaldrehung) zwischen Atlas und Epistropheus. Letzterer von vorn. Die Pfeile geben die Höhendifferenz an, um welche der Atlas beim Drehen hinabgesunken ist.

Gelenkverbindungen der Drehwirbel, Abb. 72–74

Die **Bandapparate** der beiden Drehgelenke bestehen aus den Gelenkkapseln für die sechs Gelenkkammern und aus besonderen Bändern, welche für eine Gelenkkammer allein oder für mehrere zugleich hemmend eingreifen. Die Aufteilung einer einheitlichen Gelenkhöhle, welche ursprünglich alle Knochenkontakte zwischen Schädel und Atlas, Atlas und Apex dentis, Atlas und Epistropheus umfaßte, in kleine Unterabteilungen mit besonderen Kapseln muß die Ausgiebigkeit der Bewegung erheblich einschränken. Die Unterteilung ist bei den verschiedenen Säugetieren in sehr verschiedenem Maß durchgeführt.

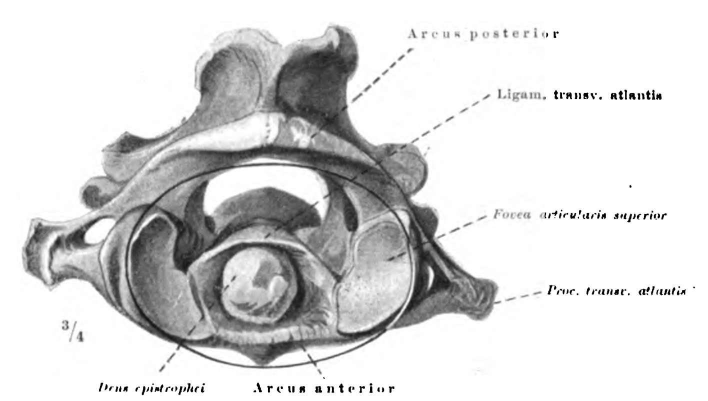


Abb. 72. **Articulatio atlantooccipitalis** und **A. atlantoepistrophica** von oben. 1. Die beiden Atlantookzipitalgelenke sind durch eine schematische Hilfslinie zur Ellipse ergänzt. 2. Radgelenk zwischen Zahn des Epistropheus und geschlossener Ringhülse (aus Arcus anterior, Massae laterales und Querband des Atlas bestehend).

Wenn der Kopf zum schnellen Erhaschen der Beute dienen muß, ist die Beweglichkeit in den Drehgelenken ausgiebig und die Unterkammerung wenig ausgebildet. Beim Menschen haben die Hände die Zufuhr der Nahrung übernommen. Was an Beweglichkeit des Kopfes durch die am höchsten gesteigerte Kammerung der Drehgelenke verloren ging, das ist an **Präzision** der Bewegung im einzelnen gewonnen. Sogar die obere Gelenkfläche des Atlas und entsprechend die Hinterhauptskondylen sind oft durch Querlinien in zwei Facetten zerlegt (Abb. 70a), aber eine wirkliche Kammerung dieses Gelenkes in zwei Unterabteilungen ist nicht eingetreten; sie ist vielleicht für die Zukunft eingeleitet.

Das obere Gelenk, Articulatio atlantooccipitalis, besteht aus zwei sandalenförmigen, konkaven Gelenkflächen des Atlas, auf welchen die entsprechend geformten, konvexen Hinterhauptskondylen ruhen (Abb. 335). Man kann sich beide Sandalengelenke als Stücke eines Ovals denken, dessen Mitte ausgespart ist, um dem Zahn des Epistropheus und dem Rückenmark Platz zu lassen (Abb. 72). In der Tat funktioniert die Gelenkverbindung zwischen Atlas und Schädel wie ein Ellipsoid- (oder Ei-)gelenk. Von den Bewegungen in einem solchen Gelenk ist nur die Bewegung um die Längsachse der Ellipse ohne Deformation der Gelenkknorpel möglich (Abb. 34); Schädel und Atlas bewegen sich um diese Achse am ausgiebigsten, allerdings auch ein wenig um die Querachse der Ellipse (S. 116).

Kopfnicken

Der Schädel dreht sich beim Nicken um eine Linie, welche dicht hinter dem Gehörgang quer durch die vorderen Ränder der beiden Warzenfortsätze läuft. Er ist auf dem Atlas so ausbalanciert, daß die Nackenmuskulatur durch eine geringe Spannung dem Übergewicht des vor der Achse liegenden Gesichtsteils des Schädels die Wage hält (Abb. 316). Erschlafft die Nackenmuskulatur im Sitzen bei aufrecht stehendem Kopf, so fällt dieser nach vorn („Einnicken").

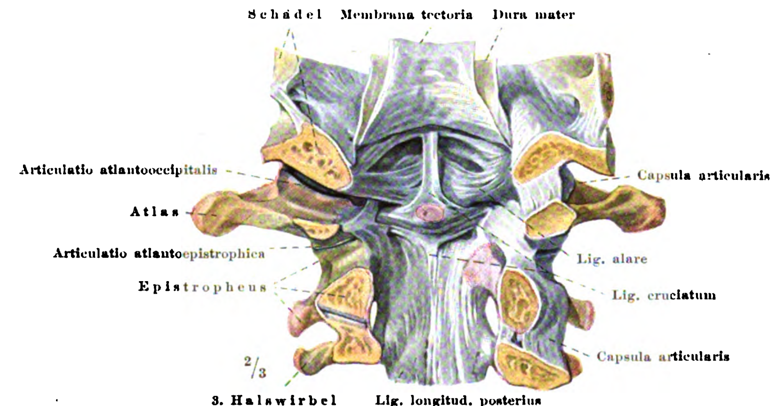


Abb. 73. Hintere Verstärkungsbänder der Drehgelenke. Wirbelsäule von hinten geöffnet. Membr. tect. und Dura mater in die Höhe geklappt.

Anders beim Säugling, bei dem das Übergewicht im Hinterkopf liegt und deshalb der Kopf leichter nach hinten überkippt.

Die Hemmung der Bewegung des Schädels nach vorn wird bei allen Wirbeln durch die Bandverbindungen der Wirbelbogen besorgt. Der hintere Bogen des Atlas ist mit dem Epistropheus und dem Schädel durch Membranen verbunden, welche den Ligg. intercruralia (flava) entsprechen und im Nackenband ihre Fortsetzungen finden. Außerdem sind aus den Längsbändern der „Körpersäule" besondere Apparate hervorgegangen. Die hinteren bekommt man zu Gesicht, wenn der Wirbelkanal von hinten eröffnet wird (Abb. 73). Unter den Hüllen des Rückenmarks, von denen die derbe Dura mater im Schädel fest an den Knochen angewachsen ist und auch als Hemmung dient, wird die Membrana tectoria gefunden, eine Fortsetzung und Verbreiterung des Lig. longitudinale posterius der Wirbelsäule bis zum Schädel. Unter dieser liegt das Kreuzband, Lig. cruciatum, dessen Querschenkel von dem oben beim Radgelenk erwähnten Querband (Lig. transversum) gebildet wird und dessen Längsschenkel Schädel und Epistropheuskörper verbindet. Dura, Membrana tectoria und Längsschenkel des Kreuzbandes hemmen wie die Bogenverbindungen die Beugung des Kopfes nach vorn. Sie sind beim Menschen verhältnismäßig lang und dem aufrechten Gang angepaßt.

Speziell der Längsschenkel des Kreuzbandes ist bei Tieren so kurz, daß bei Aufrichtung des Körpers in mittlerer Kopfhaltung Kopf und Blickrichtung schräg nach oben gestellt wären (Abb. 80a). Es ist eine Bedingung des aufrechten Ganges und seiner Kontrolle durch das Auge, daß der Kopf unter Nachlassen der genannten Bandapparate so weit gesenkt wird, bis der geradeaus gerichtete Blick in der Horizontalen liegt (Abb. 80b).

Beim Menschen ist eine Neigung des Kopfes nach vorn von der Mittelstellung aus bis höchstens 20° möglich; nach hinten läßt sich der Hinterkopf bis höchstens 30° von der Mittelstellung aus überkippen. Hemmend wirken bei der Rückbeugung die Membrana atlantoepistrophica anterior und Membrana atlantooccipitalis anterior, welche dem vorderen Längsband der Körpersäule entsprechen (Abb. 74), aber wie die Membrana tectoria zu breiten flachen Bändern umgestaltet sind. Ein mittlerer Streifen ist gewöhnlich verstärkt und am wirksamsten. Es werden übrigens die Bewegungen im Atlantookzipitalgelenk durch Verschiebungen des Atlas um den Zapfen des Epistropheus verstärkt (und zwar durch Wackeln um eine durch diesen quergelegte Horizontalachse; diese Bewegung kann bis zu einem Viertel der gesamten Sagittaldrehung der Drehwirbel betragen).

Abb. 74. Drehgelenke. Lineares Schema der Faserrichtung ihrer Bänder. Sagittalschnitt durch die Schädelbasis und die obersten drei Wirbel.

Man kann die Nickbewegung, welche auf das Kopfgelenk beschränkt bleibt, an der steifen Nackenhaltung erkennen und sie so unterscheiden von der weichen Neigung, welche mit der ganzen Halswirbelsäule ausgeführt wird.

Von hinten wirken auf den Schädel alle an ihm befestigten Muskeln, auch die oberflächlichen Rückenmuskeln, welche zur Extremität gehören (Abb. 131). Es kommt darauf an, ob die Halswirbel durch die tiefen Muskeln fixiert oder freigegeben werden (Abb. 52); im einen Fall sind nur die Drehwirbel, im andern Fall ist der Hals mit beteiligt. Die kurzen Muskeln (Musculi recti und obliqui capitis) haben keine besondere Hebelkraft, dirigieren aber die präzise Gleitbewegung des Schädels auf dem Atlas. Vorn wirken tiefe und oberflächliche Muskeln des Halses, unterstützt durch die Schwerkraft des Kopfes und das Gegengewicht der Nackenmuskeln, welche nur so viel Spielraum geben, als für die betreffende Kopfstellung gerade nötig ist.

Kopfwenden

Die Drehbewegung des Atlas um den Zapfen des Epistropheus (Abb. 72) findet ihre Hemmung und Führung in den Ligg. alaria (Abb. 73). Sie entspringen seitlich am Schädel und heften sich unter dem Kreuzband breit an der Spitze und an den Seitenflächen des Dens an. Sie beschränken außerdem im oberen Drehgelenk eine Neigung des Kopfes nach der Seite. Die Gesamtexkursion des Kopfes beim Kopfwenden im unteren Drehgelenk von einer Extremstellung in die andere beträgt höchstens 60°. Das Extrem ist erreicht, wenn das eine Flügelband um den Zahn des Epistropheus nach vorn, das andere nach hinten bis zur völligen Spannung gewickelt ist. Dabei spannen sich auch die seitlichen Teile der membranösen Ligamente vor und hinter dem Radgelenk. Sie verhindern vor allem jede horizontale Drehung des Atlas gegen die Schädelbasis, so daß die Muskelwirkung lediglich der Raddrehung um den Zahn des

Epistropheus zugute kommt. Der Schädel dreht sich also nie selbst um die senkrechte Achse, sondern er folgt nur den Raddrehungen des Atlas im unteren Drehgelenk. Es besteht dabei die Tendenz, den Kopf nach der anderen Seite hintenüberzulegen, was weniger auf die schräge Stellung der Flügelbänder, als auf die schräge Angriffsrichtung der Drehmuskeln zurückzuführen ist.

Nach der gleichen Körperseite drehen der Rectus capitis major, Obliquus inferior, Longissimus und Splenius capitis, nach der entgegengesetzten Körperseite der Obliquus superior, Semispinalis (Abb. 57, 58, 52) und besonders von den oberflächlich liegenden Muskeln der Kopfteil des Trapezius und der Sternokleidomastoideus. Für die Bewegung nach einer Seite stehen also jeweils acht Muskeln, vier von der gleichen und vier von der anderen Körperseite zur Verfügung, die jede Abstufung und Nuancierung der Bewegung mit geringen oder starken Kräften erlauben.

Abb. 90. 97, **233**

5. Bandapparate am kaudalen Ende der Wirbelsäule.

Am Ende des Kreuzbeines und an den Steißbeinwirbeln existieren nur reduzierte Bänder, welche aber durch die Rückbildung der Wirbelbogen andere Situationen zur Oberfläche gewinnen und deshalb besonders benannt werden. Für die passive Beweglichkeit des Steißbeines haben sie eine gewisse Bedeutung (siehe Becken).

Ligamentum sacrococcygeum anterius heißt die Fortsetzung des Lig. longit. anterius der Wirbelkörper auf das Steißbein. Es hat die gleiche Lage wie die entsprechenden Bänder der Wirbelsäule. Das hintere Längsband rückt dagegen durch den Fortfall der Wirbelbogen an die Oberfläche und tritt in Berührung mit den Resten der übrigen Bandapparate. Man nennt die Äquivalente des Lig. longit. post. am Steißbein: Ligamentum sacrococcygeum posterius profundum. Reste der Ligg. articularia der Wirbel sind besonders zwischen Sakrum und 1. Steißwirbel, oft auch zwischen 1. und 2. Steißwirbel vorhanden. Das hierher gehörige, zwischen Cornu sacrale und Cornu coccygeum ausgespannte Band heißt Ligamentum sacrococcygeum articulare (Abb. 97, 233). Von den Ligg. flava der Wirbelbogen sind Reste übrig, die oberflächlich auf dem Lig. sacrococc. post. prof. liegen und deshalb Ligamentum sacrococcygeum posterius superficiale heißen. Das Lig. sacrococc. laterale ist eine kräftige Bandverbindung zwischen der Pars lateralis des Kreuzbeins und der Seitenfläche des 1. Steißwirbels. Seine Fortsetzung ist das Lig. coccygeum laterale zwischen den Seitenteilen der beiden ersten Steißwirbel. Die beiden zuletzt genannten Bänder entsprechen Resten von Wirbelrippenverbindungen. Es kommt auch nicht selten, wenn sie verknöchern, ein 5. Kreuzbeinloch zustande, welches der vordere Ast des 5. Sakralnervs passiert.

6. Varietäten der Wirbelsäule.

Nachdem in den vorhergehenden Abschnitten alle Wirbel in ihren natürlichen Beziehungen beschrieben worden sind, sollen hier die Abweichungen von der Norm angeführt werden, soweit sie nicht krankhaft, sondern durch bloße Variation des Anlagemateriales entstanden sind. Bei der Wirbelsäule sind Variationen nicht nur an sehr verschiedenen Stellen lokalisiert und an manchen dieser Stellen besonders häufig, sondern sie haben zum Teil auch große praktische Bedeutung. Theoretisch sind die Beziehungen zu den Verhältnissen der Norm darzulegen. Die Zahl der Wirbel kann im ganzen vermehrt oder vermindert sein. Diese Schwankung betrifft entweder das Ende der Wirbelsäule, an welchem statt 4 Kokzygealwirbel mehr oder weniger vorkommen (6—3). Oder die kraniovertebrale Grenze schwankt. Es kann z. B. der Atlas in den Schädel einbezogen sein und dadurch die Zahl der Wirbel von vornher vermindert werden. Ob auch innerhalb der Reihe ein Schwanken der Zahl durch Ein- oder Ausschaltung von Wirbeln möglich ist, ist zweifelhaft. Die meisten Fälle, in welchen anscheinend die Zahl variiert, weil bestimmte Wirbelsäulenabschnitte eine größere oder geringere Zahl von Wirbeln aufweisen (z. B. 6 Lendenwirbel statt 5), kommen auf Kosten der Nachbarabschnitte zustande

und haben auf die Gesamtzahl der Wirbel keinen Einfluß. Diese Atypie der einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule ist eine Erscheinung für sich und von besonderer theoretischer und praktischer Bedeutung.

Beim menschlichen Embryo sind 40 Ursegmente gezählt worden (Abb. 8, 151). Dies ist nicht die Höchstzahl, da die vordersten in der Reihe sich umbilden und verschwinden (3), ehe die hintersten sichtbar werden. Würden alle Ursegmente Wirbel produzieren, so wäre die Gesamtzahl der Wirbel beträchtlicher als die gewöhnliche Zahl (33).

Varietäten der Schwanzwirbelsäule

Der wesentliche Ausfall beruht darauf, daß der menschliche Embryo zwar einen Schwanz besitzt (Abb. 8, 242), aber diesen verliert, ehe sich Wirbel gebildet haben. Geschwänzte Menschen mit Schwanzwirbeln gibt es nicht. Bei Embryonen, die größer als 12 mm sind, ist der äußerlich sichtbare Schwanz bis auf einen dünnen Faden geschwunden, der später auch abgestoßen und nur in sehr seltenen Ausnahmen als Anhang ins postfötale Leben herübergenommen wird („weiche" Schwänze). Gewöhnlich gehen die sechs letzten Ursegmente mit dem Schwanzfaden verloren; die vorderen werden in den Körper aufgenommen und in das Niveau der Haut einbezogen: Kokzygealwirbel. Da die Zahl der Segmente schwankt, so ist auch die Zahl der Kokzygealwirbel schwankend und ihre Ausbildung manchem Wechsel unterworfen.

Theoretisch sind die Verhältnisse besonders interessant, weil die definitive Zahl durch Variabilität im individuellen Leben entschieden wird. Denn es bilden sich immer mehr Ursegmente als später Wirbel existieren, deren Zahl von dem Maß der Rückbildung der Schwanzsegmente in dem betreffenden Individuum abhängt. Wird der Schwanz bei dem Embryo in atavistischer Weise weniger rückgebildet als in der Norm, so entstehen die höheren Zahlen, wird er in progressiver Weise stärker abgebaut, so resultieren niedere Zahlen von Kokzygealwirbeln. Es ist fraglich, ob eine mikroskopisch erkennbare Wirbelanlage wieder verschwindet. Aber der Wechsel in der Zahl ist potentia durch das Mehr oder Weniger der Ursegmente bestimmt. Dies ist für die später zu erwähnenden Fälle wichtig, bei welchen es den Anschein hat, als ob in der ontogenetischen Entwicklung keine Veränderungen möglich wären, sondern alle Varietäten von vornherein bestimmt seien. Da die Wirbel erst relativ spät angelegt werden, dürfte zu dieser Zeit meistens das definitive Stadium erreicht sein; sehr wohl kann aber das Bildungsmaterial der Wirbel, das sehr früh determiniert ist, vorher Veränderungen erlitten haben, die mikroskopisch nicht zu erkennen sind.

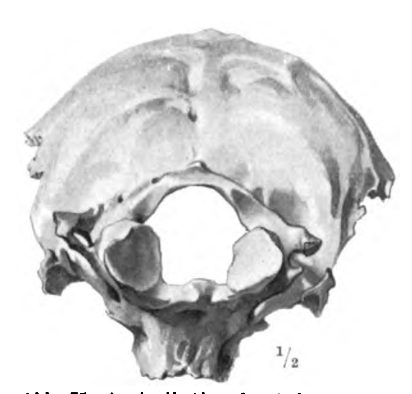


Abb. 75. Assimilation des Atlas. Rechts ist das For. transv. nicht geschlossen, links wohl. Der linke hintere Bogen des Atlas ist in das Okzipitale einnivelliert, der rechte verwachsen, aber freistehend.

Assimilation des Atlas in den Schädel (fragliche Manifestation des Atlas)

Die vordersten Ursegmente (3) der Gesamtreihe bilden Skelettmaterial, welches sich nicht zu freien Wirbeln formt, sondern in das Os occipitale des Schädels einbezogen wird (siehe Kapitel Kopf). Der 1. Halswirbel der menschlichen Anatomie ist stammesgeschichtlich erst der 4. der Gesamtreihe. Bei vielen niederen Wirbeltieren ist jetzt noch dieser Zustand erhalten, bei anderen (Störarten) wird eine viel größere Anzahl von Wirbeln in den Schädel einbezogen. Bei den Reptilien, Vögeln und Säugetieren ist die Zahl der inkorporierten Segmente konstant (3). Die Einbeziehung erfolgt in der individuellen Entwicklung, ehe ein knöcherner Wirbel geformt ist, betrifft also das Material, nicht die Wirbel als morphologische Gebilde. Ein Teil des Materials wird dabei wahrscheinlich dem Zahn des Epistropheus zugeschlagen (S. 118). Es kommen beim Menschen Fälle vor, in welchen im Okzipitale des Erwachsenen deutlich Konturen oder Formbestandteile eines Atlas unterschieden werden können. Am auffallendsten sind Schädel mit darin steckendem vollständigem, wie angeklebtem Atlas (Abb. 75). Die Zahl der Halswirbel ist dabei meist verringert. Wäre der Atlas der Norm dem Schädel einverleibt, „assimiliert", so daß vier Wirbel im Okzipitale stecken statt drei, so wäre die Verringerung der Halswirbelzahl ohne weiteres verständlich. In der Tat ist Assimilation des Atlas auch aus anderen Gründen die wahrscheinlichste Erklärung für die geschilderten Varietäten: sie sind progressive Varianten. Ein zuverlässiger Maßstab ist allerdings die Verringerung der Halswirbelzahl nicht, weil die Grenze aus anderen Gründen schwanken kann (Halsrippen, siehe unten). Es werden deshalb manche Fälle nicht als Assimilation

eines 4. Okzipitalwirbels, sondern als Manifestation des letzten (3.), normal einverleibten Wirbels gedeutet. Diese Hypothese ist für die meisten Fälle wenig wahrscheinlich.

Bei den Verschiebungen der atlantookzipitalen Grenze in der Segmentreihe kann jeder Wirbel die Charaktere seines jeweiligen Standortes annehmen. Der Epistropheus, welcher zum 1. freien Wirbel in der Reihe wird, ist gewöhnlich als Epistropheus erhalten, kann sich aber in einen Atlas umwandeln (in einem Fall waren zwei Atlanten vorhanden, ein dem Schädel inkorporierter und ein freier als 1. Wirbel). Der Atlas, welcher in dem Schädel darin steckt, kann Kondylen mit Gelenkfacetten wie ein normales Okzipitale aufweisen (Fall von KOLLMANN). Weniger zuverlässig sind die zahlreichen Fälle, in welchen am Okzipitale vermutliche Spuren eines in ihm steckenden Atlas zu sehen sind, und in welchen der erste freie Wirbel ein Atlas der üblichen Form ist. Ist wirklich hier der Atlas der Norm inkorporiert und der Epistropheus in einen Atlas umgewandelt, so ist in diesen Fällen der Einfluß des Standortes auf die Form des an erster Stelle stehenden freien Wirbels am deutlichsten.

Scheinbare Interkalation und Exkalation von Wirbeln

Als Beweis für Wirbeleinschiebungen oder Verluste innerhalb der Reihe (Interkalation und Exkalation) werden vielfach Fälle angeführt, bei welchen ein Wirbel verdoppelt erscheint oder einseitig Fragmente von Wirbeln eingeschoben sind. Es ist wohl möglich, daß Stücke von Segmenten, die durch atypische Entwicklungszufälligkeiten abgesprengt werden, Teile von Wirbeln produzieren und daß ein ganz großer Segmentrest sich zu einem Ganzwirbel restituiert. Bei einseitigen Defekten oder Einschiebungen von Wirbelfragmenten ist dies die wahrscheinliche Erklärung. Auch wäre denkbar, daß das Gesamtmaterial der Wirbelsäule in abnormen Fällen von vornherein anders eingeteilt wird als gewöhnlich; dann wären die Einzelwirbel nicht auf die Wirbel der Norm zu beziehen, so wenig wie die Seiten eines Dreiecks mit denen eines Vierecks des gleichen Umfanges vergleichbar sind. Da Anfang und Ende der Wirbelsäule schwanken und auch die Einzelabschnitte inkonstante Grenzen haben (s. u.), so ist am fertigen Objekt schwerlich zu ermitteln, welche Entwicklungsanomalien stattgehabt haben. Experimentell embryologische Erfahrungen fehlen noch so gut wie ganz; wir wissen nur, daß die Zahl und Reihenfolge der Ursegmente bei Amphibien bereits im Neurulastadium (S. 23) determiniert sind, also bevor äußerlich oder mikroskopisch Ursegmente (Urwirbel) sichtbar werden. Es wären also nur in der frühen Entwicklung (Gastrulation) Veränderungen denkbar, welche Einflüsse auf die Ursegmente und Wirbelfolge gewinnen könnten. Theoretisch kommt man mit der Annahme aus, daß alle Ex- oder Interkalationen nur scheinbare sind und vorgetäuscht werden durch Verschiebungen der Grenzen einzelner Abschnitte der Wirbelsäule, welche mit Vermehrung oder Verminderung der Anfangs- und Endwirbel der Reihe kombiniert sein können. Diese Verschiebungen sind zweifellose Tatsachen, wie die folgenden Beschreibungen lehren, und deshalb zur Zeit die bedeutungsvolleren Erklärungen für Störungen der Wirbelfolge und -zahl. Es bestehen auch große Schwierigkeiten, welche sich bei der Annahme einer Inter- und Exkalation von Wirbeln für die Gesamtorganisation ergeben würden.

Mit einer Vermehrung oder Verminderung der Wirbelzahl ist nicht notwendig eine Verlängerung oder Verkürzung der Wirbelsäule und des Körpers verknüpft. Es hängt dies mehr von der Länge der einzelnen Wirbel ab. Die Giraffe hat nicht mehr Halswirbel als der Mensch und alle anderen Säuger. Das ist ein deutlicher Hinweis darauf, daß Interkalationen, falls sie überhaupt möglich sind, de facto vermieden werden.

Wirbel mit überzähligen Rippen: Halsrippen

Die häufigste Varietät der einzelnen Wirbelabschnitte ist die Vermehrung der Thorakalwirbel durch überzählige Rippen, die durchschnittlich bei 6% der Menschen vorkommt. Dreizehn Rippen sollen nach einer russischen Statistik bei jedem 12. oder sogar bei jedem 3.—4. Menschen (Dorpat, Petersburg) zu finden sein. Da Rippenrudimente in allen Wirbeln stecken (S. 81), ist das Wiederauftreten von Rippen eine atavistische Varietät. Verminderungen gegen die Normalzahl sind seltener. In dem einen Fall ist der Thorakalteil der Wirbelsäule vergrößert, in dem anderen verkleinert. Die Wirbelzahl der angrenzenden Abschnitte (Hals-, Lendenteil) kann entsprechend verringert oder vermehrt sein; sie kann auch scheinbar unverändert bleiben, weil die Grenze gegen den Schädel und speziell diejenige gegen das Becken variabel ist. In Abb. 76 ist bei einer kindlichen Wirbelsäule die Höchstzahl präsakraler Wirbel abgebildet, die bekannt ist. Es sind 26 statt 24. Davon haben 15 Wirbel Rippen (statt 12).

Der Halsteil hat einen Wirbel weniger, der Lendenteil gerade soviel wie in der Norm, entspricht aber dem 22.—26. Wirbel (anstatt dem 20.—24.).

Der Charakter der Varietät ist am deutlichsten bei den Halsrippen ersichtlich. Beim 7. Halswirbel des Erwachsenen kann das Rippenrudiment (Processus anterior) vergrößert, aber in kontinuierlicher Verbindung mit dem Wirbel sein (Abb. 77, linke Seite); bei demselben Individuum kann ein beweglicher Rippenrest vorkommen (Abb. 77, rechte Seite). Es gibt beim 7. Halswirbel alle Zwischenformen zwischen solchen unvollkommen und völlig ausgebildeten Halsrippen (Abb. 78); sie kommen meist beiderseits beim gleichen Individuum, aber rechts und links in verschiedener Ausbildung zur Anlage (Abb. 76). Die Zwischenstufen heißen zervikothorakale Übergangswirbel.

Beim Embryo sind oft schon die ersten sichtbaren Anlagen verschieden ausgebildet, möglicherweise ist die Ausbildungsstufe der Varietät von vornherein determiniert. Ich verweise jedoch auf die Ausführungen hierzu bei den Kokzygealwirbeln (S. 123).

Auch beim 6. Halswirbel kommen Halsrippen als Varietäten vor, beim 4. Halswirbel sind Reste von solchen als Unika beobachtet (nicht beim 5.).

Die erste normale Rippe oder sogar die zweite kann zurückgebildet sein, wobei dann die erste typische ausgebildete Rippe entsprechend weiter kaudalwärts steht; bei ausgebildeten Halsrippen ist sie entsprechend weiter kranialwärts zu finden als in der Norm.

Meistens ist die jeweilig erste voll ausgebildete Rippe so gestaltet wie die erste Rippe der Norm, gleichgültig ob sie zu einem Hals- oder Brustsegment gehört und zu welchem von diesen. Der Wirbel des betreffenden Segmentes ist so geformt wie der normale erste Brustwirbel, und die Nachbarwirbel imitieren die Nachbarn des letzteren trotz der ganz verschiedenen Herkunft des Materiales. Der gleiche Vorgang wurde bereits bei den Verschiebungen der Kraniovertebralgrenze konstatiert und erläutert (S. 124).

Abb. 76. 26 präsakrale Wirbel, Wirbelsäule und Becken eines Neugeborenen von vorn. Wirbel mit Rippen durch roten Querstrich gegen Wirbel ohne Rippen abgegrenzt, ebenso Lenden- und Kreuzwirbel, sowie Kreuz- und Steißwirbel. Die letzten Wirbel noch knorplig (punktiert). Neben dem 2. Halswirbel ein atypischer Knochenkern (Umzeichnung nach Sieglbauer, Anat. Anz. Bd. 17, 1914).

Mit diesen Imitationen hängt zusammen, daß die großen Gefäße und Nervenstämme, welche in der Norm über die erste Rippe verlaufen (Arteria und Vena subclavia, Plexus brachialis), ganz oder teilweise vor den Halsrippen gefunden werden, je nachdem diese voll oder nur als Stummel entwickelt sind. Zirkulationsstörungen, Reiz- oder Lähmungserscheinungen können leicht eintreten (z. B. durch Druck des Tornisterriemens beim bepackten Soldaten auf exponiert liegende Halsrippen-

stummel). Gelegentlich verwechseln unwissende Ärzte Halsrippen mit Geschwülsten oder lassen sich durch die abnorm situierte Pulsation der Arteria subclavia bei Halsrippen zu anderen Fehldiagnosen verleiten (Aneurysma). Bei Asymmetrien findet man einseitige Verwachsung mit anderen Rippen oder von anderen Rippen untereinander; infolgedessen sind Halsrippen oft mit skoliotischen Verkrümmungen der Wirbelsäule verbunden (Abb. 76). Skoliosen kommen auch bei Einschiebung von Wirbelfragmenten (S. 124) in die Reihe der normalen Wirbel vor. Reduzierte erste Rippen wirken oft strangulierend auf die Lungenspitze und können Anlaß zu tuberkulösen Erkrankungen geben (Stenose der oberen Thoraxapertur, S. 219).

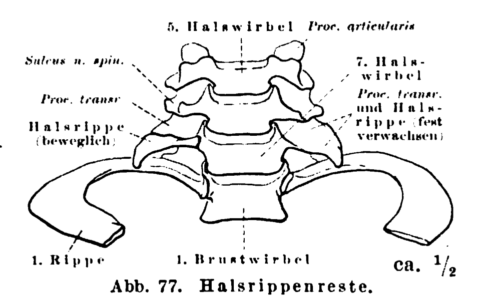


Abb. 77. Halsrippenreste.

Lendenrippen

An der Grenze zwischen Brust- und Lendenabschnitt der Wirbelsäule gibt es thorakolumbale Übergangswirbel. Sie variieren nicht nur in den Merkmalen, welche durch die Anheftung von Rippen direkt bestimmt sind, sondern im Gesamthabitus, für welchen die Form der Gelenkfortsätze ein guter Maßstab ist. Eigentliche Lendenwirbe können Gelenkfortsätze nach Art der Brustwirbel aufweisen oder Brustwirbel können Gelenkfortsätze nach Art der Lendenwirbel besitzen. Das erstere ist bei Vergrößerung des Brustkorbes (Lendenrippen bei Wirbel 20 und 21, Abb. 76), das letztere bei seiner Verkleinerung der Fall.

Die Schwankungen der oberen und unteren Grenze des thorakalen Wirbelabschnittes laufen auf eine Verminderung der Segmente des Brustkorbes hinaus, welche mit dem aufrechten Gang des Menschen im Zusammenhang steht. Je stabiler und breiter der Brustkorb wird, um so leichter wird das Äquilibrium auf dem Lendenstiel, wie an der Gesamtform des Thorax gezeigt werden soll (S. 211). Die Hals- und Lendenrippen sind atavistische, die Reduktionen oberer und unterer Rippen progressive Variationen; das gleiche gilt für die entsprechenden Wirbelmodifikationen.

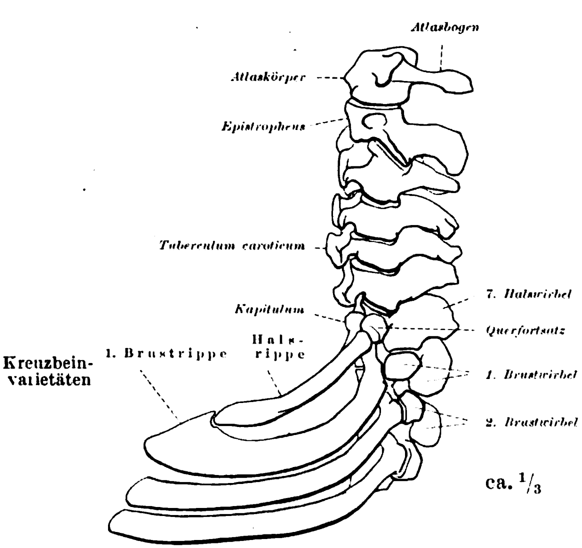


Abb. 78. Ausgebildete Halsrippe.

Kreuzbeinvarietäten

Ein besonderer Faktor für die Variabilität der Wirbelsäule ist die Art der Befestigung zwischen unterer Extremität und Kreuzbein. Der Beckenring, der später genauer zu beschreiben ist (s. untere Extremität), setzt sich außer aus dem unpaaren, der Wirbelsäule zugehörigen Element, dem Kreuzbein, aus paarigen, der Gliedmaße entstammenden Elementen, den Hüftbeinen zusammen (Ossa coxae). Gewöhnlich verbinden sich die Hüftbeine mit dem 25. und 26. Wirbel durch Vermittlung von deren kostaler Komponente (Abb. 76, hier ausnahmsweise aus Rippenrudimenten des 27. und 28. Wirbels). Nur ca. 92% aller Menschen hat die Normalzahl von 24 präsakralen Wirbeln. Wird ein Lendenwirbel in das Kreuzbein einbezogen, so verändert sich entsprechend die Form des Wirbels. Man spricht von einer Sakralisation des Lendenwirbels.

Sie besteht häufig halbseitig (lumbosakraler Übergangswirbel, Abb. 79) und ist oft der Anlaß zu skoliotischen Verkrümmungen der ganzen Wirbelsäule. Die Anlage ist sehr früh in der Entwicklung an dem Zurückbleiben des kostalen Knochenkerns zu erkennen (Abb. 76, linke Körperseite).

Die Zahl der Wirbel, welche zum Kreuzbein verschmelzen, kann durch Zuwachs oder Verlust am vorderen Ende vermehrt oder vermindert sein (das sechswirbelige Kreuzbein ist bei Männern häufiger als bei Frauen; das vierwirbelige ist sehr viel seltener).

Doch kann auch die typische Fünfzahl gewahrt bleiben, weil ein ebenso starker Verlust oder Zuwachs am sakrokokzygealen Ende stattfindet. Die bis zu 35,5% der Fälle gefundene Vermehrung der Kreuzbeinwirbel auf 6 ist auf die Variabilität beider Enden, der Lenden- und Steißgrenze, zu beziehen. Es gibt auch sakrokokzygeale Übergangswirbel.

Bei Defekt eines Kreuzbeinflügels (einseitige Unterdrückung der kostalen Komponente) wird das Becken asymmetrisch verengt; bei Mangel beider Kreuzbeinflügel ist die Verengung hochgradiger, aber symmetrisch (siehe Näheres beim Becken).

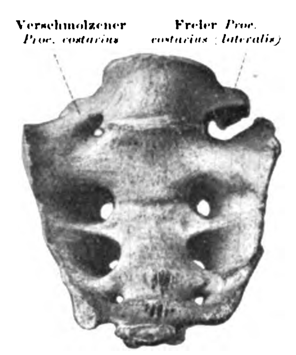


Abb. 79. Lumbosakraler Übergangswirbel.

Die stufenweise Verschiebung der Grenzen der einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule verläuft nach einer bestimmten Regel. Drückt man die individuelle Verteilung der Wirbel durch eine Formel aus (in welcher cv zervikale, th thorakale, l lumbale, s sakrale, cc kokzygeale Wirbel bezeichnet), so ergeben sich folgende vier Hauptstufen:

I. 1—7 cv, 8—21 th, 22—26 l, 27—31 s, 32—35 cc,
II. 1—7 cv, 8—20 th, 21—25 l, 26—30 s, 31—34 cc,
III. 1—7 cv, 8—19 th, 20—24 l, 25—29 s, 30—33 cc,
IV. 1—7 cv, 8—18 th, 19—23 l, 24—28 s, 29—32 cc.

Die Hauptstufen sind so ausgewählt, daß die Zahl der Kokzygealwirbel (4 cc) gewahrt ist, und daß trotzdem die Gesamtzahl der Wirbel abnimmt (von 35 auf 32). Das ist nur scheinbar ein Widerspruch zu dem auf S. 123 Gesagten; denn die Zahl der Steißwirbel wird nur dadurch aufrecht erhalten, daß jeweils vorn ein Sakralwirbel für den hinten ausscheidenden Kokzygealwirbel eintritt. Auch die Zahl der Kreuz- und Lendenwirbel (5 s, 5 l) ist in dieser Auswahl konstant. Die allmähliche Abnahme der Gesamtzahl äußert sich in einem sukzessiven Ausscheiden letzter Brustwirbel (21—19 th). Die Stufe III entspricht der Norm, das seltene Objekt der Abb. 76 steht Stufe I sehr nahe. Für Stufe II liegen zahlreiche Beobachtungen vor, auch Zwischenstufen zwischen III und IV sind bekannt, die IV sehr nahe kommen. für IV selbst liegt aber noch keine Beobachtung vor. Von Halsrippen ist bei dieser Betrachtung abgesehen. Deshalb erscheint die Zahl der Halswirbel auf allen Stufen konstant (7 cv).

Aus der Häufigkeitsskala der Beobachtungen ergibt sich, daß meistens zwei Veränderungen miteinander kombiniert auftreten, nämlich die Verschiebung der unteren Thoraxgrenze nach oben und die Verschiebung des Beckens nach oben (kranialwärts). Die Wirbelsäule des Menschen hat die Tendenz, die Zahl ihrer Glieder vom Ende her zu verringern. Die Kosten der Verminderung trägt wesentlich der untere Thoraxabschnitt (Formel I—IV), der vom 21. bis annähernd zum 18. Segment verdrängt wird. Auf die ursächliche Beziehung zum aufrechten Gang wurde oben hingewiesen.

Die Verminderung der Segmente ist keineswegs mit einer Verkürzung der Gesamtwirbelsäule oder gar des ganzen Körpers identisch; denn durch Längenwachstum der einzelnen Elemente kann die Verminderung der Zahl ausgeglichen werden. Zahlreiche Wirbel sind beim Menschen ein atavistisches Merkmal, Körperlänge ist dagegen ein progressives Merkmal. Bei Menschenaffen (Orang) ist eine stärkere Vorwanderung des Beckens gegen den Brustkorb eingetreten als beim Menschen; daraus resultiert die plumpe Körperhaltung, der Mangel an „Taille“.

Der Schwanz wird bei allen Affen, welche gehen können oder hängen, rückgebildet. Denn er hat nur Bedeutung als Steuer oder als Gegengewicht beim Springen und als Greiforgan beim Klettern. Da nicht feststeht, wie die Lage des Beckens war, als die Schwanzwirbelsäule bei den Vorfahren des Menschen in Verlust

ging, so ist nicht sicher, ob die jetzigen Kokzygealwirbel wirkliche Schwanzwirbel sind oder ob sie (bzw. wie viele von ihnen) durch Freiwerden von solchen Sakralwirbeln entstanden sind, welche bei der Verschiebung des Kreuzbeins nach vorn in Kokzygealwirbel umgewandelt wurden.

V. Die Wirbelsäule als Ganzes in der Ruhe und Bewegung.

Die Wirbelsäule als Feder (Lenden- u. Halsfeder)

Der aufrecht stehende Körper des Menschen ist durch eine ganz andere Ruhelage der Wirbelsäule bedingt, als der Vierfüßler sie hat. Das Becken ist nicht etwa so rotiert, daß die Wirbelsäule, statt horizontal zu liegen, senkrecht

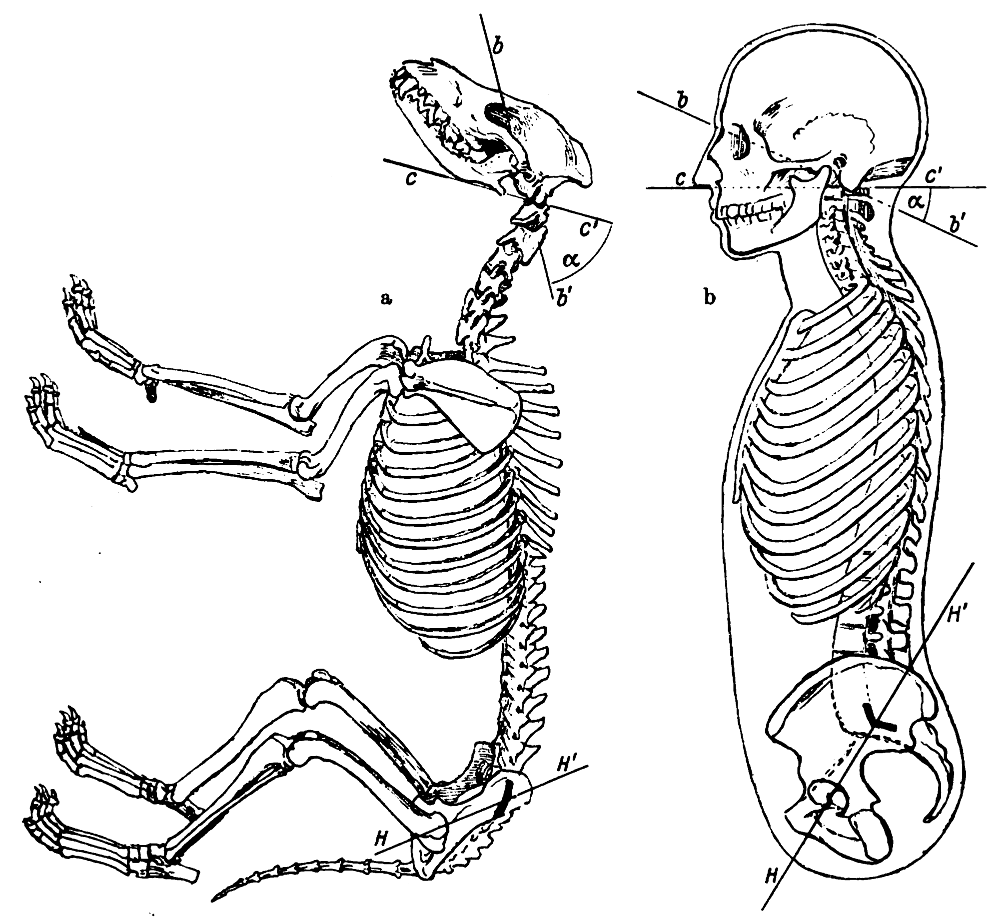


Abb. 80. a) Stammskelett des Vierfüßlers und b) Skelett des Menschen in übereinstimmender Orientierung (aus Straßer, Lehrbuch der Muskel- und Gelenkmechanik, S. 267). HH' Ebene der Hauptbalken der Hüftbeine, cc' Hauptebene des Atlas, bb' Ebene der Schädelbasis. Der Winkel α zwischen den letztgenannten Ebenen ist beim Menschen kleiner.

zu stehen kommt (im Schema Abb. 80 ist das ganze Bild des Vierfüßlers um 90° rotiert, ebenso also das Becken; man denke sich die Hinterbeine vom Hüftgelenk ab senkrecht herabhängend). Das Becken richtet sich vielmehr nur mäßig auf; das Fehlende wird durch Abknickung der Wirbelsäule zwischen Lumbalteil und Kreuzbein erreicht (Linie HH' steht in Abb. b steiler als in Abb. a; die lumbosakrale Übergangsstelle in b als schwarzer Knick markiert, in a gerade). Der nach vorn vorspringende Knickungspunkt ist das für den

Menschen charakteristische Promontorium. Durch die Kombination von teilweiser Aufrichtung und Abknickung der Wirbelsäule wird erreicht, daß das Gewicht der Körperlast von den Gelenken und Bändern zwischen Kreuz- und Hüftbein und von den Hüftgelenken leichter getragen wird als bei völlig aufgerichtetem Becken, wie der Vergleich der beiden Abbildungen lehrt.

Die Lendenbiegung mit der Konkavität nach hinten, welche bis in den untersten Teil der Brustregion hineinreicht (Abb. 81a, schraffiert), hat noch ihren besonderen Vorteil, der sich von selbst ergab, als die Abknickung erfolgte, aber bei ganz nach hinten gekipptem Becken und gerader Lendenwirbelsäule verloren gehen würde. Der Brustkorb ruht auf der Lendenwirbelsäule wie eine Last, welche durch den Widerstand einer gebogenen Feder getragen wird (Abb. 81b, ausgezogene Linie). Dadurch wird das labile Gleichgewicht für die aufrechte Körperstellung auf die einfachste Weise hergestellt. Die Lendenwirbelsäule ist der federnde Stiel für den kompakten Brustkorb und dessen Inhalt. Elastizität des Ganges — ähnlich wie dies die Federn des Wagengestells für den Kutschkasten bewirken — und große Beweglichkeit in der Lendengegend sind die Folge. Der Brustkorb selbst wird so geräumig wie möglich, indem die Wirbelsäule vom 10.—9. Brustwirbel ab umorientiert und nun umgekehrt mit ihrer Konvexität nach hinten gerichtet ist, soweit der Brustkorb reicht. Beim Hals wiederholt sich das gleiche Spiel wie bei der Lende. Er ist der federnde Stiel für den Kopf; deshalb schaut die Halswirbelsäule wie die Lendenpartie mit der Konkavität nach hinten (Abb. 81a, schraffiert). Die Halsfeder ist dünner als die Lendenfeder, weil sie nur einen Teil dessen zu tragen hat, was auf der anderen lastet. Die freie Wirbelsäule wird in einer bestimmten Haltung von der Senkrechten zweimal geschnitten, am oberen Rand des 9. Brustwirbels und am unteren Rand des 6. Halswirbels. Ein Stab, welcher wie die Wirbelsäule mehrfach aus dem Lot gebogen ist, ergibt für die Gewichte, die er zu tragen hat, eine Massenverteilung, die leicht im Gleichgewicht bleibt. Wenn die untere einfach gebogene Feder, statt auf die Lendenregion im wesentlichen beschränkt zu sein, vom Promontorium bis zum Schädel reichte (Abb. 81b, punktiert), so buchtete sie sich in den Brustkorb hinein, anstatt wie jetzt diesen nach hinten auszuweiten, und wäre viel stärker in den Bauchraum hineingebogen; dadurch wäre auch die Bauchhöhle erheblich mehr eingeengt als jetzt. Mit der Stärke der Ausbiegung würde sich der Scheitelpunkt der Krümmung immer mehr vom Lot entfernen und die Lastenverteilung wäre sehr ungünstig. Geräumigkeit der Brust- und Bauchhöhle sowie Festigkeit der Gesamtkonstruktion sind zwei große Vorteile, welche bedingt haben, daß die Krümmung der Brustwirbelsäule mit der Konvexität nach hinten beibehalten, ja verstärkt ist gegenüber dem Vierfüßler (Abb. 80).

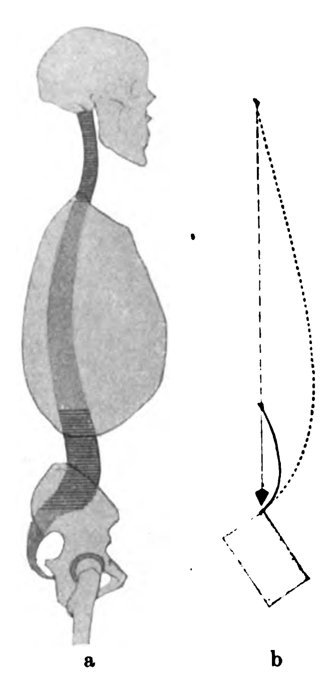
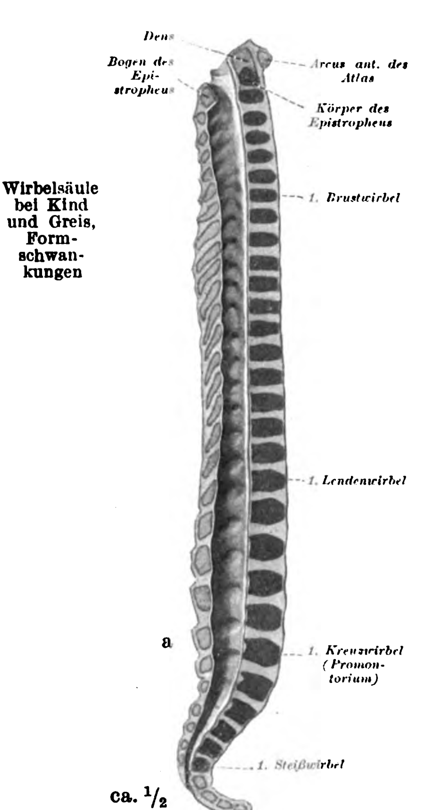


Abb. 81. Die Wirbelsäule als Feder. a) Vereinfachte Kopie von Abb. 90; b) Schema des Beckens und einer durch Gegengewicht ausbalancierten frei schwebenden Feder (die große punktierte Feder ist eine Vergrößerung der kleinen ausgezogenen Feder).

Bei den Vögeln, den einzigen Lebewesen, die außer dem Menschen dauernd auf zwei Beinen gehen können (auch die Menschenaffen haben nur vorübergehend

aufgerichtete Haltung), sind die Massenverteilungen ganz andere. Dort steht nur der Hals als freie Feder auf dem Rumpf; denn dieser hängt wie eine Schaukel in den Hüftgelenken, weil das Hüftgelenk so hoch und die Brust so tief steht, daß das Gesamtgewicht des Rumpfes tiefer als die Hüftgelenksebene liegt. Vögel tragen den Ballast unter dem Unterstützungspunkt (gleichsam im Kielraum), der Mensch trägt ihn oberhalb dieses Punktes (gleichsam auf Deck). Vögel schlafen daher im Stehen. Die Halswirbelsäule vieler Vögel hat eine ganz ähnliche, mehrfach gebogene Form wie die Wirbelsäule des Menschen im ganzen. Darin liegt eine sehr interessante Bestätigung für den durch Abb. 81 b erläuterten Vorteil, welchen eine Kette entgegengesetzt gebogener Stücke für die Stabilität der aufrechten Stellung hat.



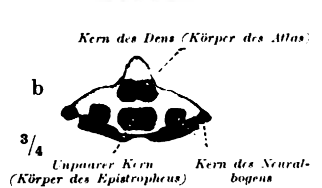


Abb. 82. Wirbelsäule des Neugeborenen. Knochenkerne schwarz, Knorpel grau. a) Sagittalschnitt; b) Frontalschnitt durch den Epistropheus (im Beginn der Entwicklung liegen im Dens zwei getrennte Kerne nebeneinander; davon noch eine Andeutung sichtbar).

Wirbelsäule bei Kind und Greis, Formschwankungen

Die Wirbelsäule des Fötus und Neugeborenen hat zwar Andeutungen des Promontorium und der typischen Krümmungen (Abb. 82a), aber die eigentliche Ausbildung entsteht erst im Anschluß an das aufrechte Sitzen und Stehen. Anfänglich ist der Rücken im ganzen nach hinten ausgebogen. Das Kind lernt zuerst den Kopf balancieren, später den ganzen Rumpf. Die Halskrümmung entsteht vor der Lendenkrümmung. Doch gleichen sich die Krümmungen beim Liegen aus. Denn fast $1/4$ der Gesamtlänge der Wirbelsäule wird von den Bandscheiben gebildet, die ungleichmäßig komprimiert werden, solange der Körper aufrecht steht, aber die alte Form allmählich wieder einnehmen, sobald die Belastung aufhört. Auch später spielt dies eine Rolle, z. B. bei dem scheinbaren Wachstum, welches am Ende eines langen Krankenlagers eingetreten ist. Im allgemeinen nehmen die Zwischenwirbelscheiben, besonders die dicken zwischen den Lendenwirbeln, erst mit der Pubertät ihre definitive Keilform an. Dann ist auch die Krümmung der Wirbelsäule stabilisiert. Doch wirkt die Kompression immer noch mit. Wir werden am Tage je nach der Dauer des Aufrechtsitzens und -stehens 2—4 cm kürzer oder sogar mehr; davon kommt etwa die Hälfte auf die Gelenke der unteren Extremität, welche sofort beim Aufstehen etwas nachgeben, der Rest kommt auf die Wirbelsäule, die allmählich während des Tages kürzer wird. Die Wirbelkörper sind nur in der Brustgegend etwas keilförmig, sonst kommen die Krümmungen der Wirbelsäule ausschließlich auf Rechnung der Zwischenwirbelscheiben. Nimmt man sie heraus und türmt die Körper ohne sie aufeinander, so ergibt sich eine einzige große Krümmung, deren Konvexität nach hinten schaut. Dies ist auch die Greisenform der Wirbelsäule, weil abgesehen vom Versagen der Muskulatur durch Schwund der Zwischenwirbelscheiben im Alter ähnliches zustande kommt wie bei der künstlichen Entfernung.

Übermäßige Biegung der Wirbelsäule mit der Konvexität nach hinten heißt: Kyphose, mit der Konkavität nach hinten: Lordose.

Die Form der Muskeltrakte als Ausdruck verschiedener Betätigung

Vergleicht man mit der Form der ruhenden Wirbelsäule bei aufrechter Körperstellung die Form der tiefen Rückenmuskulatur, so prägt sich im medialen Trakt (Abb. 54) deutlich die gleiche Gesamtkonstruktion wie im passiven Apparat aus. Entsprechend den beiden Tragfedern (Lumbodorsal- und Zervikalteil der Wirbelsäule) ist der Strang dick, entsprechend dem stabilen Brustkorb ist er dünner. Anschwellen, Abschwellen und Anschwellen vom Kreuzbein nach dem Schädel zu sind Longitudinalwellen des aktiven Systems, welche den Transversalwellen des passiven Systems entsprechen (Vorbiegung,

Rückbiegung und Vorbiegung, Abb. 81). Die vorwärts gebogenen Teile sind die freien Stiele für Brust und Kopf, welche zwar durch das Gewicht des Getragenen ausbalanciert und in ein passives Äquilibrium gebracht, gleichzeitig aber durch den medialen Muskeltrakt mit entsprechendem Querschnitt aktiv in dieser Lage befestigt, „gehalten“ werden können. Der passive Faktor bedingt die Stellung, der aktive die Haltung der Wirbelsäule. Im Leben arbeiten beide Faktoren so vollkommen miteinander, daß einer allein die normale Form dauernd nicht aufrecht erhalten kann.

Ganz anders ist die Form des lateralen Muskeltrakts, speziell des sakrospinalen Systems (Abb. 55). Hier sehen wir allmähliches Abschwellen in einer statt in mehreren Kurven. Die Form entspricht nicht der Eigenform der Wirbelsäule sondern den Gewichtsverhältnissen des ganzen Stammes, welche wirksam werden, sobald das labile Gleichgewicht gestört ist. Fällt der Körper nach vorn oder nach der Seite, so kann diese Muskulatur durch doppelseitige oder einseitige Aktion den Sturz verhüten oder bei entsprechendem Antrieb durch die Wirkung vorderer Muskeln (am Bauch und Hals) eine gewollte Körperbeugung nach diesen Richtungen freigeben und regulieren. Sie ist also, so paradox es klingt, eine Beugemuskulatur für den Stamm (Verneigung, Bücken). Je weiter oben, um so geringer ist das Gewicht, welches sie zu tragen hat, sobald der über jenem Niveau liegende Körperabschnitt aus dem Lot nach vorn oder seitwärts abweicht. Um so geringer ist auch der Querschnitt des lateralen Muskeltraktes. Je weiter unten, um so größer ist das zu tragende Gewicht bei den gedachten Störungen der labilen Gleichgewichtslage, um so größer aber auch der Querschnitt der Muskulatur. Menschen, welche durch Muskelerkrankungen (progressive Muskelatrophie) ihr sakrospinales System allmählich einbüßen, können sich nur so vor dem Vornüberfallen schützen, daß sie den Schwerpunkt des Rumpfes weit nach hinten verlegen und das Kreuz ganz hohl machen. Denn das Übergewicht nach vorn wird, solange die Bauchmuskeln bestehen, schon durch deren Tonus erzwungen.

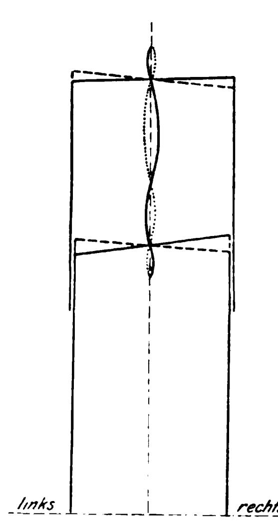


Abb. 83. Frontale Ausbiegungen (Lateralkrümmungen) der Wirbelsäule (normale Asymmetrie). Schema nach C. Hasse. Körper in Ansicht von hinten. Der gewöhnlichere Typus der Wirbelsäule (bei längerem linken Bein) mit punktierter Linie (vgl. Abb. 124), der seltenere mit ausgezogener Linie. Die horizontalen Linien bedeuten die Querachse des Körpers in der Schulter- und Beckengegend: beim gewöhnlichen Typus gestrichelte Linie, beim selteneren ausgezogene Linie (bei hochstehender rechter Beckenhälfte steht jedoch meistens die rechte Schulter eine Spur niedriger als die linke, es pflegen also die untere gestrichelte und die obere ausgezogene Querlinie des Schemas kombiniert zu sein).

Außer Biegungen der Wirbelsäule in der Medianebene gibt es auch ganz geringe in der Frontalebene (Abb. 83). Sie sind individuell und wechselnd, hängen mit der größeren Länge des linken Beines zusammen (Standbein, siehe Untere Extremität), und sind professionell akzentuiert. Kaum je stehen die Wirbeldornen beim Lebenden genau in einer geraden Linie. Unterstützt werden Abweichungen aus der Symmetrieebene durch die schräge Lage der einzelnen Muskelzacken im medialen und lateralen Muskeltrakt (Abb. 52) und durch die schräge Stellung der Gelenkflächen in der Brustwirbelsäule (Abb. 45a). Bei Ermüdung der Muskeln kann sich der Körper einseitig ausruhen, wenn die Brustwirbel ein wenig seitlich flektiert und nach der betreffenden Seite rotiert werden; dadurch kommen die Gelenkfortsätze in engere Berührung miteinander, die Kapseln und Bänder werden gespannt und leisten mit dem

Asymmetrie der Wirbelsäule und Skoliose

betreffenden Abschnitt der Zwischenwirbelscheibe oder der Wirbelkörper selbst genügenden passiven Widerstand; die Muskeln feiern. Es ist die bekannte schiefe Stellung bei anhaltendem Schreiben oder bei krummem Sitzen auf der Schulbank.

Die pathologische seitliche Verbiegung der Wirbelsäule, Skoliose, hat ihre stärkste Ausbiegung prozentual am häufigsten in der Brustwirbelsäule. Das Gleichgewicht wird durch Gegenkrümmungen in der Lenden- und Halswirbelsäule hergestellt (Abb. 84). Die Ursache kann sehr verschiedenartig sein. Bei geringer Verkürzung eines Beines und Schrägstellung des Beckens wird die Körperlast schon normal nach der gehobenen Beckenseite hinübergelegt, um die Muskeln dieser Seite zu entlasten (Abb. 83); die Folge ist eine kompensatorische Gegenkrümmung der oberen Brust- und Halswirbelsäule. Diese kann primär oder sekundär betroffen sein. Die pathologischen Krümmungen sind exzessive Grade der normalen Asymmetrien. Immer ist die schlangenförmige Biegung eine deutliche Illustration für die normalen Biegungen in der Medianebene (Abb. 81); denn die mechanische Ursache ist, wenn einmal eine Biegung eingetreten ist, für die folgenden gleich, mögen sie in der Median- oder Frontalebene erfolgen. Bei der Skoliose sind nur die Folgen für den übrigen Körper außerordentlich groß, weil keine Symmetrie mehr möglich ist. Denn der Wirbelkörper weicht nach der konvexen Seite zu aus, die Querfortsätze und mit ihnen die vertebralen Rippenenden werden dadurch schräg gestellt. In der einen Rumpfhälfte wird die durch den Wirbel stark nach hinten getriebene Rippe vorn ziemlich gerade gestellt, während in der anderen Rumpfhälfte die nach vorn getriebene Rippe im engen Bogen das Brustbein erreicht, welches möglichst in der Mittellinie stehen bleibt, und in welchem sich die Spannungen ausgleichen. Der Brustkorb ist also schwer deformiert (Rippenbuckel), obgleich (richtiger „weil") das Brustbein ungefähr an seiner Stelle stehen geblieben ist, und man sich dadurch leicht täuschen läßt. Die Folge ist sehr häufig eine Schädigung der Atmung und eine Lungenaffektion. Die Konsequenzen der abnormen Biegungen in der Frontalebene und in allen anderen Ebenen, außer der Medianen, beweisen wie ein Experiment, das die normale Krümmungsform in der Medianebene, so wie sie geworden ist, allein die annähernd symmetrische Entfaltung des Stammes, seiner Anhangsorgane und Binnenräume gewähren konnte und so günstige Gleichgewichtszustände entstehen ließ.

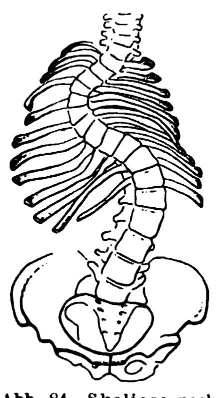


Abb. 84. Skoliose nach Kocher (Umzeichnung von H. Straßer, Lehrbuch der Muskel- und Gelenkmechanik, Bd. II, 1913, Abb. 136, verkleinert).

Sicherung des Ganzen durch die komplexen Einzelteile

Der reiche Wechsel von starren und nachgiebigen, von passiven und aktiven Komponenten, welcher den Bewegungsapparat des Rückens auszeichnet, sichert die Wirbelsäule und in ihr das Rückenmark gegen Stöße und Zerrungen. Die exponierten Bogen sind gegen direkte oder indirekte Splitterung geschützt, weil sie aus kompakten Knochenspangen bestehen, die versteckteren Wirbelkörper sind gegen in die Tiefe wirkende Kompressionen durch ihre größere Masse, ihre funktionelle Innenarchitektur und die als Puffer wirkenden Zwischenwirbelscheiben gesichert (Fall eines schweren Gegenstandes auf Schulter und Rücken und Vornüberknickung). Das Rückenmark nimmt die neutrale Zone ein, welche am wenigsten durch Kompressionen der Körper oder Splitterung der Bogen in Mitleidenschaft gezogen wird. Wenn jedoch ein Stoß die Wirbelsäule so trifft, daß ihre Teile nicht ausweichen können z. B. bei im Fallen steif gehaltener Wirbelsäule und während des Aufprallens mit dem Gesäß auf den Boden, so kann sie in den Schädel hineingetrieben werden wie der Stiel eines Hammers, den man durch Aufstoßen auf eine feste Unterlage tiefer in den Hammerkörper hineinpreßt.

Die komplexe Zusammensetzung hat ihre besondere Bedeutung für die Bewegungen des Rückens und des Körpers. Generell sind sie elastisch und federnd, im einzelnen von ungeheurem Reichtum der Form, was sich von jeher die Kunst zunutze machte. Der Rückenakt (von agere, bewegen, Abb. 60

ist das schwerste, aber auch das reichste Feld von Formproblemen für den analysierenden und nachschaffenden Beobachter, für Arzt und Künstler.

Zwangslauf und Kraftschluß bei Bewegungen des Rückens

Wie bei der ruhenden Form gehen wir auch bei der bewegten aus von dem lebendigen Zusammenwirken der passiven und aktiven Komponenten. Nirgendwo ist das Verständnis von der Rücksicht auf die gesetzliche Verknüpfung beider abhängiger als bei den Bewegungsproblemen. Greifen wir die Form der Gelenkflächen heraus. Am Gelenk zwischen Atlas und Epistropheus gibt es Gelenkflächen, welche sich nur in einer Linie berühren können (S. 119). Aber auch die übrigen Gelenkflächen stehen, obgleich sie sich der Form nach fest aneinander legen könnten, tatsächlich bei Bewegungen oft nur an einem Punkt oder in einer Linie in Kontakt. Der Mechanismus ist nicht „zwangsläufig" wie die Kurve, welche der Eisenbahnzug auf dem Schienenstrang nehmen muß, sondern ist im mechanischen Sinne „kraftschlüssig", d. h. es bedarf bestimmt gerichteter Kräfte, welche unabhängig von der Gelenkfläche die Richtung bestimmen. Dies sind die Muskeln. Der schließliche Effekt ist ein Kompromiß zwischen der aus der Gelenkform sich ergebenden Führung und Hemmung und den führenden und hemmenden Kräften der Muskeln und Bänder, ein Resultat, welches zwar größeren Kraftverbrauch als der zwangsläufige Mechanismus einer Maschine oder eines Automaten, aber größere Vielseitigkeit der Bewegung im Gefolge hat. Der menschliche Organismus arbeitet wie Unternehmer, welche statt komplizierter Maschinen unzählige Menschenhände zur Ausführung schwieriger Aufgaben benutzen. Wie die Ägypter ihre Monumentaldenkmäler auf großen Strecken mit einfachen toten Mitteln, aber unzähligen lebenden Kräften, die immer am rechten Fleck angreifen mußten, transportierten und aufrichteten, so überwindet der menschliche Körper die Mängel des statischen Apparates dadurch, daß am richtigen Ort immer Muskeln bereit stehen, welche führend und korrigierend eingreifen. Bei der Wirbelsäule fehlt es nicht an ganz oder fast ganz zwangsläufigen Verbindungen (Zapfengelenk für die Raddrehung des Atlas, Abb. 72, Übertragung der meisten Rippenbewegungen auf die Wirbel, S. 112). Die meisten sind aber rein kraftschlüssig.

Mögliche und wirkliche Bewegungen

Die Aufgabe wird unübersehbar, wenn man von den Bewegungs*möglichkeiten* der einzelnen Muskeln, Bänder und Gelenke auszugehen und zu konstruieren versucht, welche Gesamtbewegung sich für den Rücken ergeben könnte. Sie hat auch wenig praktischen Wert, weil durchaus nicht alle Bewegungsmöglichkeiten der Muskeln und Knochen wirklich ausgenutzt werden. Es kommt z. B. darauf an, ob die Innervation der Muskeln vom zentralen Nervensystem aus einzelne kleine Abschnitte überhaupt isoliert in Bewegung setzen kann oder sie zu innervieren gewohnt ist, oder ob sich nur eine größere Strecke, wenn nicht gar das System im ganzen bewegen kann. Die Aufgabe ist also nicht auf die in dem Skelettmuskelapparat gegebenen Bedingungen beschränkt (über die Apparate für nervöse Korrelationen siehe Bd. III, die Leitungswege im Rückenmark).

Man geht deshalb zweckmäßiger von den *wirklichen Bewegungen* des Rückens *am Lebenden* aus und sucht für sie in den Knochenmuskelanordnungen die Erklärung ihres Zustandekommens. Die Kenntnis der Bewegungsapparate setzt uns dann in den Besitz einer Art Landkarte, auf welcher wir die Bewegungen, welche tatsächlich erfolgen, wie die Truppenbewegungen und Schlachtenhandlung in einem Kriege ablesen können. Die Richtungslinien der Muskelsysteme und -zacken (Abb. 52), die man auch nach der Methode *Lionardo da Vincis* durch Schnüre wiedergeben kann, ist das Wegenetz, welchem der Wille — uns unbewußt — entlang fährt. Er bevorzugt gewisse Wege; es sind die *Hauptstraßen*, die zunächst für eine bestimmte



Zweckhandlung gewählt werden. Ist aber aus irgend einem Grunde diese Hauptstraße gesperrt oder unbequem, so wählt der Wille Nebenstraßen und erreicht oft auf Umwegen das gleiche Ziel. Wer also die Karte der Muskeln zu lesen versteht, wird an der Art, wie eine Bewegung ausgeführt wird, sehen, welche Straße von dem Impuls benutzt wurde. Die Gelenke und Bänder spielen dabei teils die Rolle von Brücken, durch welche der Übergang von einer Straße in die andere möglich ist, teils die Rolle von Straßensperren. Ihre Einrichtung muß beim Ablesen der Karte immer mit vor Augen stehen, dann wird das eigentliche Getriebe der Bewegung durchsichtig. Es kommt also bei der Analyse einer bestimmten Bewegung darauf an, beim Lebenden genau zu beobachten, welche Muskeln und Knochen beteiligt sind. Die Stellung der Knochen vor, während und nach der Bewegung und die Veränderung der Muskeln während der Kontraktion ist durch Gesicht und Gefühl (Abtasten) zu bestimmen. Zu beiden gehört in erster Linie die Kenntnis der Form. Wir legen deshalb besonderen Wert auf die oft vernachlässigten Formen, welche die Muskeln im Leben haben (Abb. 54—56, 59 usf.). Bei den Knochen ist die Form nicht weniger wichtig; sie ist dort durch die Härte des Materials stabilisiert und früh bekannt geworden. Wer die Ruheform im Blick und Gefühl hat, wird die Bewegungsform davon unterscheiden und aus ihr wie nach einer Karte ableiten können, welche Wege und Mittel der Wille benutzt, um sich auszuwirken. Oft ist es praktisch von besonderer Bedeutung zu wissen, wo es keine Wege auf unserer Karte gibt, d. h. wo Muskeln fehlen oder Gelenke und Bänder trennen. Denn die bestehenden Wege sind so mannigfaltig und dicht, daß sich auf ihnen fast jede Nuance in der Richtung einer Bewegung auswirken kann.

Diese Methode ist bei allen Bewegungen für jede Stelle unseres Körpers anwendbar. Wir benutzen sie zunächst hier zur Analyse einiger der wichtigsten Bewegungen des Rückens. Er ist für das Gesamtproblem des Stehens, Gehens, Sitzens etc. ein besonderer Faktor. Es wird deshalb in anderen, diesen allgemeinen Körperbewegungen gewidmeten Abschnitten späterer Kapitel noch auf ihn zurückzukommen sein. Die Fülle der Bewegungen des Rückens ist keineswegs ganz durchforscht; es kommt hier nur auf das Wichtigste an.

Rücken bei Vorneigung, Vornüberneigung des Rumpfes (Ventralflexion)

Die Biegung des Körpers aus der aufrechten Körperhaltung nach vorn (Ventralflexion) führt beim Hals und Kopf bis zur Berührung des Kinns mit der Brust und bei der Brust, Lende und dem Becken, entsprechende Übung vorausgesetzt, bis zur Berührung des Bodens mit den Fingerspitzen des gestreckten Armes. Die Beine sind dabei im Knie überstreckt und im ganzen nach hinten gelegt, damit die nach vorn verschobene Masse des Körpers über den Füßen im Gleichgewicht bleibt. Sucht man den Boden mit den Fingerspitzen so zu erreichen, daß man die gerade Streckung der Beine aufgibt und im Knie ein wenig beugt, so gehen die Oberschenkel aus dem gleichen Grund nach hinten (Abb. 85). Es kann, je mehr im Knie gebeugt wird, um so mehr an Vorneigung des Rumpfes gespart werden, wie bei Leuten mit etwas steifem Rücken, die sich bücken, regelmäßig zu sehen ist (besonders bei alten Leuten). Denn Schwankungen der Flexionsgröße sind zahlreich und hängen von der Übung und dem Körperbau im allgemeinen ab. Der maximale Anteil der Wirbelsäule an den Biegungen nach vorn und hinten ist aus Abb. 62 zu ersehen. Der Rücken wird beim Vornüberbeugen rund; denn die Brustwirbelsäule behält ihre nach hinten gerichtete Konvexität, die Lenden- und Halswirbelsäule werden entgegengesetzt zur Ruhehaltung ausgebogen und werden wie die Brustwirbelsäule nach hinten konvex gehalten. Oft ist die Krümmung gleichmäßig; denn die „Körpersäule" der Wirbel entspricht der Seite eines Ovals, dessen Längsachse oben zwischen 4. und 5. Halswirbel hindurchgeht, unten aber das Promontorium nicht ganz erreicht (punktierte Hilfslinie). Bei stärkerer Biegung

pflegt aber bei vielen Menschen eine Delle an der Grenze zwischen Brust- und Lendenteil zu bestehen (Abb. 85); oberhalb von ihr springen die Brust- und unterhalb die Lendendornen stärker vor. Diese Delle ist oft durch den Teil der Lendenkrümmung bedingt, welcher in die unteren Brustwirbel hineinfällt und wegen der anderen Stellung der Gelenkflächen nicht so vollständig ausgeglichen werden kann wie bei den Lendenwirbeln.

Der Kopf und der Hals können allein oder gemeinsam nach vorn gebeugt werden; ihre Biegungen kommen mit der Lendenbeugung kombiniert vor, oder letztere ist allein möglich. Meistens pflanzt sich selbst eine leichte Kopfbewegung bis zu den Lendenmuskeln fort; solche Bewegungen gehören mit zu den individuellen Ausdrucksbewegungen des Körpers (Grazie).

Die Ventralflexion gibt dem Körper, besonders den Armen eine andere Stellung zum Boden und eine Möglichkeit der Betätigung an Dingen in solchen Niveaus,

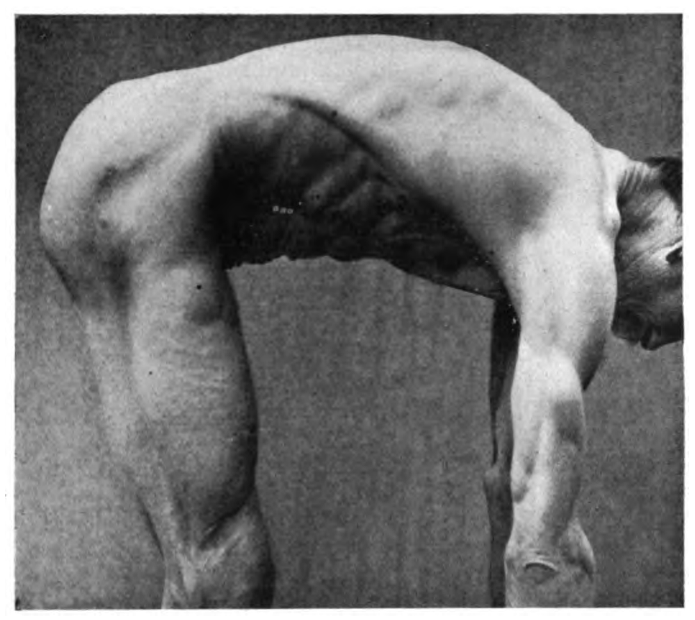


Abb. 85. Ventralflexion. Photographie eines muskelkräftigen, sehr mageren Mannes. In der oberen Profillinie springen vor von rechts nach links: Vertebra prominens, Dornen der Brustwirbel; in der Lendengegend: die Lendendelle. o Rand des M. latissimus dorsi (Pars iliaca). oo Pars costalis des Latissimus (etwas tiefer die Zacken des Serratus anterior). ooo Sulcus recti (Außenrand des Rectus abdominis), . Wulst des Tensor fasciae latae, .. Zacke des Obliquus abdominis externus.

welche bei aufrechter Körperstellung nicht erreichbar sind. Die Blickrichtung wird entsprechend verlagert und der Sehhorizont eingeengt. Die „Verbeugung" ist die in die Ausdruckssprache des Körpers übertragene Tatsache eingeschränkter Aktionsbereitschaft in dieser Stellung (Abhängigkeit von der Außenwelt, Devotion).

Bei leichter Biegung nach vorn bleibt die Längsrinne der Lendengegend bestehen, weil zu beiden Seiten die Erectores trunci vorspringen. Longissimus und Iliokostalis sind im ruhigen Stehen nicht gespannt, beginnen sich aber sofort mit Einsetzen der Beugung zu kontrahieren. Je weiter die Beugung getrieben wird, um so deutlicher treten die 5 Lendendornen hervor und um so mehr flachen sich die Erectores ab. Sie bleiben dabei straff gespannt, wie der tastende Finger fühlt.

Verdickung und Spannung eines Muskels sind eben nicht gleichbedeutend (siehe Oberarmmuskeln). Gerade beim Vornüberbeugen springen anfangs die

Lendenmuskeln vor, weil sie noch auf eine relativ kurze Strecke zusammengezogen sind. Sie sind aber aktiv weniger gespannt als bei forciertem Bücken, bei dem der Raum, den sie einnehmen, immer größer und ihre passive Dehnung stärker wird.

Das Relief der Muskeln und des Skeletts bewirkt besonders bei der Frau am Übergang des Rückens in das Gesäß eine rautenförmige Figur der Körperoberfläche (Venusraute). Beim Manne ist die Raute seitlich abgestumpft; die Figur sieht sechseckig statt viereckig aus (Abb. 60). Im ruhigen Stehen ist die obere seitliche Ecke des Sechsecks mit den Wirbeldornen durch eine Linie verbunden, welche der Grenze des Muskelbauches des Sakrospinalis entspricht (Abb. 131). Sie verschwindet als erste beim Vornüberbeugen, weil der Muskelbauch in das Niveau der Raute einnivelliert wird. Der Beckenrand, welcher die laterale Grenze des Sechsecks bildet, und der hintere untere Darmbeinstachel (Abb. 127), welcher in dem Grübchen am unteren Ende dieser Grenze zu fühlen ist, markieren diese Stellen nicht mehr, wenn die Beugung forciert wird; denn die Muskeln des Gesäßes werden ebenfalls durch den Zug abgeplattet, so daß alle Unebenheiten geglättet werden. Schließlich springen die Knochen vor, anstatt vertieft zu liegen wie in der Ruhe, in welcher die an solchen versteckten Knochen angeheftete Haut Rinnen und Grübchen bildet. Bei der Frau sind die Grübchen tiefer wegen des größeren Fettreichtums der Haut in der Umgebung, die Figur ist nicht so sehr durch die Details der Muskulatur beherrscht wie beim Mann und deshalb einfacher, rautenförmig.

Der größte Teil des Rückens ist durch die oberflächlichen Muskeln bedeckt, die zur Schulter gehören; diese Muskeln sind beim Bücken gedehnt (z. B. der Latissimus in Abb. 85), manche auch aktiv gespannt, weil sie die Schulter bei herabhängendem Arm halten und das seitliche Herabrutschen des Schulterblattes am Brustkasten hindern.

Der Rücken bei Rückneigung des Rumpfes (Dorsalflexion)

Die Biegung des Körpers aus der aufrechten Körperhaltung nach hinten (Dorsalflexion, weniger gute Bezeichnung: Extension) ist am freiesten möglich zwischen dem Kreuzbein und den beiden untersten Lendenwirbeln, ferner zwischen den oberen Lenden- und unteren Brustwirbeln, drittens in der Halswirbelsäule. Beim Brustteil ist die nach vorn gerichtete Konkavität wohl abgeflacht, aber nicht ganz verschwunden. Beim Lenden- und Halsteil ist die Konkavität im Rücken vertieft; es kommen hier bei der Extrembewegung direkte Einknickungen zustande, und Querfalten der Haut bezeichnen äußerlich die Hauptbiegungspunkte. In starker Rückwärtsbiegung werden Beine und Becken vorwärts geschoben, um den Körper im Gleichgewicht zu halten (Abb. 86).

Die Rückenstrecker werden im Lendenteil sehr bald weich und schlaff, weil sie passiv zusammengeschoben werden. Die oberflächlichen und tiefen Muskeln der vorderen Körperwand tragen die Körperlast, die Schultermuskeln bestimmen die Lage der Extremität.

Der Rumpf kann in der Lende nach hinten und unabhängig davon weiter oben nach vorn gebeugt werden. Dieses Zickzack setzt die Knickungen in der unteren Extremität fort, da das Hüftgelenk eine Hebung des Oberschenkels nach vorn und das Kniegelenk eine Beugung des Unterschenkels nach hinten freigibt. Beim Springen bricht der zickzackförmige Wechsel solcher Körperbiegungen den Anprall des Körpers auf den Boden. Bei straff gestrecktem Körper und gestreckten Beinen ist selbst Herabhüpfen von geringen Höhen (wie von einer Treppenstufe) auf die Füße recht schmerzhaft für den Rücken. In extremen Fällen können die Folgen ähnlich sein wie beim Fall auf das Gesäß unter gleichen Bedingungen (siehe S. 132).

Der Rücken bei Seitenneigung des Rumpfes (Lateralflexion)

Die Biegung des Körpers nach der Seite (Lateralflexion) ist an denselben Stellen am ausgiebigsten möglich wie bei der Dorsalflexion. Die Krümmung der Dornenreihe liegt meist in einer gleichmäßig gebogenen Linie; es kommen aber entsprechend jenen Stellen kleine Knickungen vor, am ehesten in der Lendengegend. Die Muskulatur der konkaven Körperseite ist schlaff und bei höheren Graden der Rumpfbiegung gestaucht (die Haut entsprechend in Querfalten gelegt, Abb. 171); die Muskulatur der konvexen Körperseite

ist zwar gedehnt, aber doch dabei aktiv gespannt, straff (s. Oberarmmuskeln). Muß an der gebeugten Seite ein Widerstand überwunden werden, so dreht sich das Verhältnis sofort um, da dann nicht mehr die Schwere des Körpers

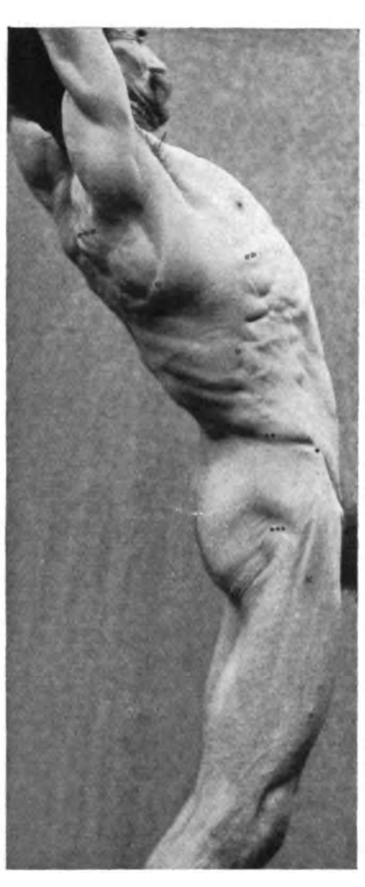


Abb. 86. Dorsalflexion (derselbe Mann wie in Abb. 85). o Ränder des Latissimus dorsi (durch den Muskel schimmern die Rippen durch), oo Zacken des Serratus anterior, ooo Trapezius (stärkste Zusammenziehung, charakteristisch für Armhebung), . Spina iliaca anterior superior, .. Weichenwulst, ... Trochantergrube, × Tractus iliotibialis (Maissiati).

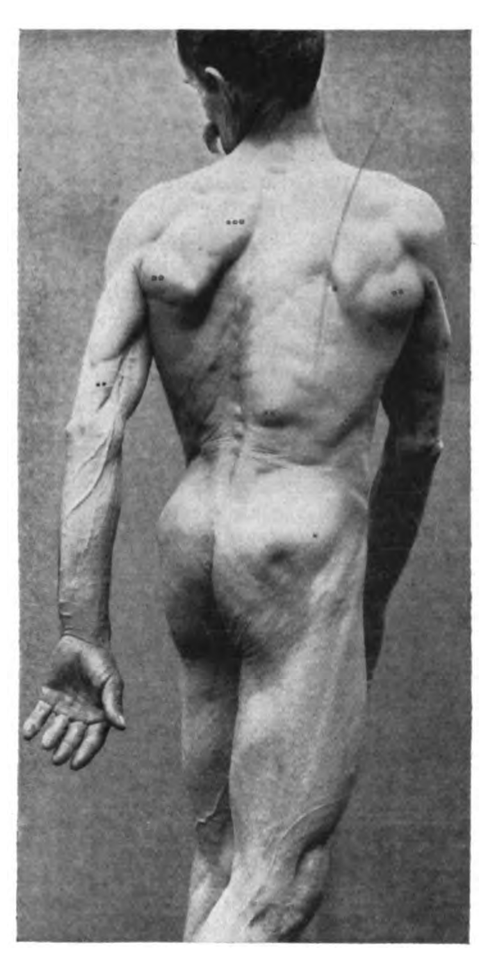


Abb. 87. Torsion des Körpers (derselbe Mann wie in Abb. 85 und 86). Das Becken ist nach rechts, die Brust, die Schultern und der Kopf sind nach links gedreht. o Rhomboides-Serratuslinie, oo Teres major, ooo Rhomboides, . bogenförmige Strecke des langen Trizepskopfes, .. Caput mediale des Trizeps, ... Rand des Latissimus, × Glutaeus medius, × × entspannter lateraler Trakt des Erector trunci, schlaff herabhängend.

wirkt, sondern von den Streckern der betreffenden Seite selbst gegen das Hindernis gearbeitet wird.

Wird aus der vorwärts oder rückwärts gebeugten Körperstellung heraus eine Seitenbeugung der Wirbel angeschlossen, eine Kombination, welche infolge der schrägen Richtung der Muskelzacken sehr leicht zustande kommt (Abb. 52), so wird die Wirbelsäule scheinbar torquiert. Das hängt damit zusammen, daß die Wirbelsäule in den genannten Ausgangsstellungen nur nach einer Seite gekrümmt ist (während in der aufrechten Stellung Konvexität und Konkavität wechseln, Abb. 62). Macht man in ein Kartenblatt leicht divergierende Knicke und biegt es in allen Knicklinien nach der gleichen Richtung, so erhält man die

gleiche scheinbare Rotation. Bei unserem Körper gehen bei solchen Verwindungen Schulter und Kopf aus der Frontalebene nach hinten oder vorn heraus. Das Individuum korrigiert dies gewöhnlich durch leichtes Vor- oder Zurücknehmen der betreffenden Hüfte (Becken). Diese Ausgleichsbewegung ist am Lebenden bei seitlichen Rumpfbiegungen häufig zu konstatieren.

Der Rücken bei Drehung des Rumpfes um die Längsachse (Torsion)

Die Drehung (Kreiselung, Umwendung) des Rumpfes um die Längsachse (Torsion, Rotation, Abb. 87) setzt sich aus sehr verschiedenen Teilbewegungen zusammen. Als Torsionshebel werden die Fortsätze der Wirbel, das Becken, der Brustkorb, die Schulter und der Kopf benutzt. Der Kopf ist schließlich bei feststehenden Füßen so weit gedreht, daß das Gesicht schräg rückwärts und die Blicklinie genau nach hinten gerichtet werden kann; denn die Seitenbewegung der Augäpfel fügt zu der Gesamttorsion mit 135° noch 45° hinzu. Die Drehfähigkeit der Wirbelsäule selbst ist individuell sehr verschieden und oft nach der einen Seite weniger ausgiebig als nach der anderen. Der Gesamtumfang innerhalb der Wirbelsäule beträgt beim Lebenden nach jeder Seite durchschnittlich 82°, beim Rücken ohne Kopf nur etwa 45° (alle Wirbelverbindungen mit und ohne Radgelenk des Atlas). Ein Wirbelsäulenpräparat ohne Rippen und Brustbein ist erheblich stärker torsionsfähig.

Die Muskeln des medialen Traktes sind auf derjenigen Seite, von welcher weggedreht wird, gespannt. Sie liegen mehr in der Tiefe. Die oberflächlicheren lateralen Muskeln sind auf der Seite, nach welcher hin gedreht wird, kontrahiert und auf der Seite, von welcher weggedreht wird, schlaff (Abb. 87). Besonders das spinotransversale System (Splenius) setzt die Drehbewegung der medialen Muskeln der anderen Seite spiralig fort (Abb. 57). Aber auch das sakrospinale System (Longissimus, Iliokostalis) hilft durch die Hebelwirkung auf Querfortsätze und Rippen. So ist gewöhnlich auf der einen Rückenseite die Tiefe entspannt (schlaff) und die Oberfläche gespannt (straff), auf der anderen Seite ist es gerade umgekehrt. Dies kann sich ändern, wenn der Körper Widerstand findet, weil dann die transversospinalen Fasern der Tiefe auch auf der Seite wirken, nach welcher gedreht wird; sie wirken nämlich vom Dorn nach dem Querfortsatz, wenn obere Dornen festgehalten und darunter liegende Wirbel drehbar sind (Insertionssammelpunkt, Abb. 52).

Das Becken und der untere Teil der Wirbelsäule lassen sich entgegen Schultern und Kopf drehen (Abb. 87); manche Artisten vermögen auf diese Weise die Hände gegen die Füße um 180° gedreht nach rückwärts auf den Boden zu setzen.

Die Schultermuskulatur der Seite, nach welcher der Rücken gedreht wird, ist kontrahiert, um die Schulter zurückzunehmen (Abb. 87). Der Kopf wird vom Trapezius und Sternokleidomastoideus der anderen Körperseite und von den tiefen Drehmuskeln bewegt.

Die Gesäßmuskeln (Glutaei) beteiligen sich am Drehen des Beckens, und zwar die nach hinten liegenden Muskeln auf der abgewandten Seite, die lateral und vorn liegenden auf der gleichen Seite, nach welcher gedreht wird (rechter Glutaeus medius in Abb. 87 kontrahiert). Über diese Wirkungen und über die stark beteiligte Muskulatur von Bauch, Brust und Hals wird bei den betreffenden Körpergegenden gehandelt werden.

Da bei allen Bewegungen der Wirbelsäule die Rippenhebel eine große Rolle spielen, so kann auch die Atembewegung auf die Wirbelsäule wirken. Atemgymnastik ist bei der Korrektur von leichten Deviationen der Wirbelsäule von großem Einfluß.

C. Spezielle Bewegungsapparate der ventrolateralen Rumpfwand: Brust, Bauch, Hals.

I. Rippen und Brustbein als passive Bewegungsfaktoren.

1. Allgemeines: Die Matrix für die Rippen und das Brustbein.

Entstehung der Rippen

Auf der bindegewebigen (häutigen) Entwicklungsstufe der Wirbelsäule bildet sich als Stütze für die Rumpfwand von jedem Wirbelkörper aus beiderseits ein ventrolateral gerichteter Fortsatz: Rippenfortsätze (Abb. 88, 89). Während sie verknorpeln, sondern sie sich vom Wirbelkörper, der im Processus transversus eine besondere Fortsetzung als Träger der Rippe entwickelt (Abb. 9). Die bewegliche Befestigung an der Wirbelsäule, deren Detail früher beschrieben ist (Abb. 66—69, S. 112 usf.), kommt durch die Verknöcherung der Rippe zur Vollendung. Die Ossifikation geht von einem Knochenkern aus, der am Ende des zweiten Fötalmonats im vertebralen Ende der Rippe entsteht und langsam gegen das andere Ende fortschreitet. Dieses ist inzwischen bis zur ventralen Mittellinie des Körpers vorgedrungen oder hat, soweit diese nicht erreicht wird, die größte Länge der betreffenden Rippe erreicht (im Verhältnis zur Größe des Brustkorbes). Die Verknöcherung, die rein enchondral verläuft, macht schon vor dem Ende der knorpeligen Rippenanlage Halt. So kommt es, daß die Rippen zeitlebens einen knöchernen und einen knorpeligen Teil besitzen: Os costale und Cartilago costalis (Abb. 90).

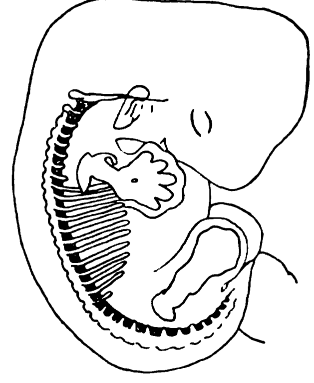


Abb. 88. Rippenfortsätze der Wirbel, häutige (blastematische) Periode der Entwicklung, menschlicher Embryo, 11 mm Länge (aus Keibel-Mall, Handb. der Entwicklungsgesch. d. Menschen, Bd. I, S. 334, Abb. 232, vereinfacht).

Es ist bestritten worden, daß die Rippen Fortsätze der Wirbel seien auf Grund der Tatsache, daß der Rippenknorpel als separates Knorpelzentrum getrennt vom Wirbelknorpel angelegt wird. Solche Knorpelherde bedeuten aber nicht immer, daß das Material ein besonderes ist und von ihnen aus seinen Ausgang nimmt. Sie sind oft nichts anderes als vorauseilende Manifestationen in einem Blastem, das seiner ganzen Ausdehnung nach die Fähigkeit hat Knorpel zu bilden. Dies ist bei Amphibien für die Knorpelzentren des Schultergürtels bewiesen durch die experimentelle Isolierung von Blastemstücken, welche von den Zentren entfernt liegen; die von den Zentren abgetrennten Blastemstücke verknorpeln in normaler Weise, sind also vom Knorpelzentrum nicht abhängig (siehe obere Extremität, Schultergürtel). Für die Rippe ist ähnliches wahrscheinlich; denn es gibt rudimentäre Rippen, welche nur aus einem ventralen Stück bestehen, bei welchen also trotz Fehlens der Verknorpelungsstelle in der Nähe der Wirbelsäule die Entwicklung doch vor sich geht (Bauchrippe bei der Unke). Beim Menschen ist die Fortsetzung der Sternalleiste, welche der 8. und 9. Rippe entspricht, ohne von diesen erreicht zu werden, auf diesem Wege verständlich (siehe unten).

Die Annahme, daß die Rippe historisch ein Fortsatz des Wirbels sei, wurzelt wesentlich in der Vorstellung, daß die Septen (Inscriptiones) der muskulösen Körperwand, welche an den Wirbeln Anheftung finden (Abb. 6), nur dann durch einen Skelettstab gefestigt werden können, wenn dieser mit der Wirbelsäule in festem Verband steht. Gerade die Anfänge des Bildungsprozesses setzen Einheit zwischen Wirbel und Rippe voraus. Es steht damit in gutem Einklang, daß die früheste Anlage der Rippe in der individuellen Entwicklung vom Wirbel aus kontinuierlich in die Bauchwand vorwächst (Abb. 88).

Außer den Rippenfortsätzen gibt es noch besondere Hämalfortsätze der Wirbel (ventrale Bogen), welche im Schwanz die Aorta gerade so umscheiden wie die Neuralfortsätze (dorsale Bogen oder Wirbelbogen schlechthin) das Rückenmark umgeben. Bei den verschiedenen Tierklassen stehen die Rippen in sehr wechselnder Beziehung zu diesen Bogenbildungen. Beim Menschen fehlen die unteren Bogen; die Rippen, die wahrscheinlich von ihrer Basis ausgingen, haben sich auf die Basis der dorsalen Bogen verschoben. Bei Amphibienembryonen läßt sich ein ähnlicher Verschiebungsprozeß noch in seinen einzelnen Phasen nachweisen. Die Verlagerung der meisten Rippenköpfchen an die Grenze zwischen zwei Wirbeln (S. 86) ist ein ähnlicher Vorgang.

Meistens sind die Rippen bei niederen Wirbeltieren mit zwei Zinken am Wirbel befestigt. Bei Säugern ist in dem Höcker, mit welchem sich die Rippe an den Querfortsatz des Wirbels anlehnt (Tuberculum costae, Abb. 91), ein Rest der zweiten

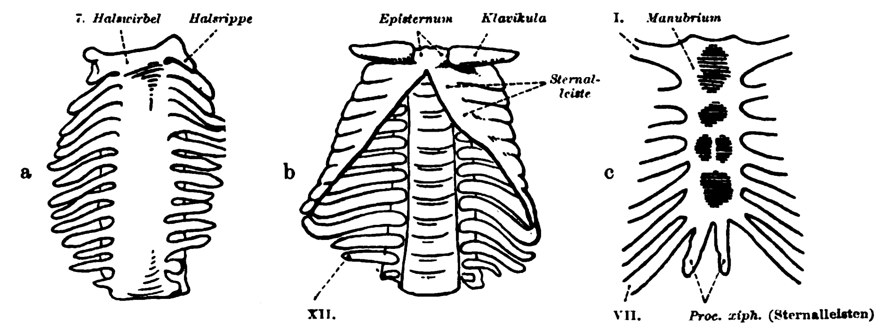


Abb. 89. Entwicklung des Sternum. a knorpeliger Thorax eines menschlichen Embryo von 13 mm Länge, von vorn. Die beiderseitigen Rippenfortsätze enden frei. b Chondrothorax bei einem Embryo von 15 mm Länge. c Brustbein eines Neugeborenen, Knochenkerne schraffiert (a und b nach Charlotte Müller, Morph. J. 1096, c nach eigenem Präparat, Aufhellung nach O. Schultze).

Zinke erhalten. Die Befestigung des Rippenköpfchens an den Wirbelkörpern ist aber zur Hauptsache geworden; infolgedessen ist die Rippe viel einfacher gestaltet als im ursprünglichen Zustand. Die historische Entwicklung hat hier von größerer Komplikation der Form zur Vereinfachung geführt, während gewöhnlich das Entgegengesetzte statthat.

Außer der Hauptossifikation (Diaphyse) kommen zur Zeit der Pubertät noch epiphysäre Nebenkerne zur Anlage (eine am Rippenköpfchen, zwei am Tuberculum costae), die erst spät mit der Rippe verschmelzen.

Entstehung des Brustbeines

Wenn die Rippenanlagen ihre definitive Länge im Embryo ganz oder fast ganz erreicht haben, verschmelzen die Enden der 1.—7. Brustrippe jederseits miteinander zu einer Leiste: Sternalleiste (Abb. 89). Sie ist anfangs bindegewebig (häutig) und verknorpelt später. Die Enden der 8.—10. oder nur der 8.—9. Brustrippen lehnen sich je an die vorhergehende Rippe an (Abb. 95). Sie treten nicht zu einer Sternalleiste zusammen. Dagegen wächst die Sternalleiste über die Vereinigungsstelle mit der 7. Rippe kaudalwärts hinaus (Abb. 89c. Proc. xiph.). Die paarigen Sternalleisten vereinigen sich, sobald das Herz von seiner Entstehungsstätte im Hals in den Thorax hinabgestiegen ist, vom kranialen Ende anfangend (Abb. 89b) zum unpaaren Sternum. Bei der Verknöcherung (6. bis letzten Fötalmonat, Abb. 89c) treten oft noch paarige Knochenkerne auf. Doch korrespondieren sie nicht mehr genau mit der Zahl der beteiligten Rippen und sind oft von vornherein unpaar. Dies ist immer beim

kranialsten der Fall, welcher zum Manubrium wird. Im 12.—25. Lebensjahr verschmelzen die übrigen 5—7 Knochenkerne zum einheitlichen Corpus sterni (Abb. 95), welches oft bis ins hohe Alter an Erhabenheiten die ursprüngliche Zusammensetzung aus segmentalen Stücken erkennen läßt und immer mit dem Manubrium knorpelig verbunden bleibt. Der kaudale Teil des Sternum bleibt manchmal ganz knorpelig und entsprechend den paarigen Sternalleisten geteilt (Abb. 89c, Proc. xiph.). Das ist der Teil, welcher ursprünglich von der 8. und 9. Rippe gebildet wurde, als diese noch nicht rudimentär waren, sondern die Mitte des Körpers erreichten. Meistens verschmelzen die beiderseitigen Stücke zu einem einzigen schwertförmigen Skelettstück, das vom 6. Lebensjahr ab von seiner Basis aus partiell verknöchert: Processus xiphoides (Abb. 95). Zwischen dem zweigeteilten und einheitlichen Zustand des Schwertfortsatzes gibt es beim Erwachsenen die verschiedensten Zwischenformen (Gabel mit verschieden langen Zinken, Durchlochung). Rippen, Sternum und Brustwirbel zusammen sind das Skelett des knöchernen Brustkorbes (Osteothorax oder Thorax schlechthin, Abb. 90, 95).

Bleibt die Vereinigung der Sternalleisten zum Sternum aus, so können, wie gelegentlich im Schwertfortsatz (Abb. 95), auch ein oder mehr Löcher im Sternum bestehen; im extremen Fall ist das Brustbein gespalten (Fissura sterni congenita). Im letzteren Fall liegt das Herz unmittelbar unter der Haut, seine Pulsationen sind ohne weiteres sichtbar.

Das Wort: Brustkorb oder Thorax ist sowohl für die ganze, aus Hart- und Weichteilen zusammengesetzte Wandung im Gebrauch, welche die Brusthöhle unmittelbar umschließt, wie auch für die Hartteile der Wand allein (beim Fötus: Chondrothorax, beim Erwachsenen: Osteothorax).

Über Ossa suprasternalia und andere Reste des Episternum siehe Schultergürtel (obere Extremität).

2. Die gröbere Form der Rippen und ihre Beziehung zum Brustkorb.

Zahl und Verschiedenheiten der Rippen

Der Mensch hat zwölf Rippenpaare, die zu den Brustwirbeln gehören. Doch stecken in den übrigen Regionen der Wirbelsäule, selbst im Kreuzbein, noch Rippenrudimente in den Wirbeln selbst darin. Sie sind bei den betreffenden Wirbeln beschrieben, denen sie als integrierender Bestandteil einverleibt sind (S. 81, 85). Von den zwölf Rippenpaaren, die ihre Selbständigkeit bewahren, sind sieben am Brustbein angefügt, Costae sternales s. verae, manchmal auch acht (rechts häufiger als links). Die übrigen, Costae abdominales s. spuriae, zerfallen in zwei Untergruppen. Die einen fügen sich so aneinander, daß von je zwei Rippen die Knorpelspitze der kaudalen sich an den Unterrand des Knorpels der kranialen anlehnt (Abb. 95). Sie bilden den Arcus costarum (daher auch Costae conjunctae genannt). Zu ihnen gehört meistens die 8. bis 10. Rippe, doch kann die 8. zu den Costae sternales, die 10. zu der folgenden Unterabteilung gehören. Diese besteht gewöhnlich aus der 11.—12. Rippe, die frei in die Bauchwand hineinragen: Costae fluctuantes. Außer der 1. Rippe, die vom Schlüsselbein verdeckt ist, sind alle übrigen durch die Haut tastbar und bei mageren Individuen und besonders bei Kindern auch sichtbar (Abb. 86). Man zählt sie, indem man in der Mamillarlinie (S. 9) die Fingerkuppe von oben nach unten von Zwischenrippenraum zu Zwischenrippenraum gleiten läßt (die erste deutlich fühlbare Rippe ist die zweite der Reihe).

Von den 12 Rippen ist die 7. am längsten, die 1. und letzte sind die kürzesten. Das Längenmaß der 12. ist sehr schwankend (im Mittel $^1/_2$—$5^1/_2$ cm); sie kann ganz fehlen oder besonders bei Vorkommen einer Lendenrippe so lang wie die 11. Rippe der Norm sein ($11^1/_2$—$15^1/_2$ cm). Es kommt hier der gleiche Verkürzungsprozeß wie an der Wirbelsäule zum Ausdruck. Durch Reduktion der letzten Rippen wird beim aufrechten Gang größere Beweglichkeit in der



Lende erzielt (S. 126). Die Ausschaltung der Abdominalrippen aus der direkten Verbindung mit dem Sternum hat ähnliche Bedeutung. Die größeren individuellen Zahlen sind in allen diesen Verhältnissen die atavistischen (Rückschlagsform), die kleineren die progressiven (Zukunftsform).

Dreifache Biegung der meisten Rippen in Beziehung zu den Profilen des Brustkorbes

Das Skelett bildet um den Inhalt der Brusthöhle einen Käfig aus Stäben von eigentümlich geschwungener Form. Die Rippenstäbe werden vorn durch das Brustbein und hinten durch die Wirbelsäule zusammengehalten. Alle Skeletteile und die zwischen ihnen eingeschalteten Weichteile bilden zusammen denjenigen Teil der Brustwand, welchen man Brustkorb (Thorax) nennt. Die Brustwand im ganzen enthält außerdem noch Skeletteile und Muskeln, welche sich auf den Brustkorb wie ein Mantel darauflegen (Schultergürtel, Extremitätenmuskeln, Abb. 9, vgl. auch Abb. 95 mit 96).

Man erhält ein Modell der Rippenform, wenn man einen geraden bandförmigen Streifen aus Plastizin in drei Richtungen biegt, erstens über die Fläche, zweitens über die Kante und drittens um die eigene Längsachse. Die Rippe verläuft infolge ihrer Flächenkrümmung (1.) um den Brustraum herum. Infolge ihrer Kantenkrümmung (2.) senkt sich das sternale Ende gegenüber dem vertebralen so sehr, daß es beim aufrecht stehenden Menschen in eine Horizontalebene mit dem Köpfchen der übernächsten oder einer noch weiter entfernten Rippe zu liegen kommt. Diese Stellung schwankt je nach den Atembewegungen. Bei der Leiche geht z. B. eine Horizontale, welche in der Höhe des untersten Punktes des Schulterblattes den Thorax schneidet, durch den obersten Punkt der 9. Rippe an der Wirbelsäule und zwischen 5. und 6. Rippenknorpel am Sternum hindurch (Abb. 96). Am stärksten gesenkt steht die 9. Rippe (Abb. 90). Die Achsendrehung oder Torsion (3.) führt dazu, daß besonders bei den oberen Rippen die Fläche am sternalen Rippenende viel stärker schräg gerichtet ist als nach dem vertebralen Ende zu (Abb. 91). Doch macht die 1. Rippe eine Ausnahme. Legt man eine der anderen Rippen auf eine horizontale Unterlage, so berührt sie diese immer nur mit zwei Punkten.

Die Form der Rippen entspricht auf diese Weise der Form des Brustkorbes, in dessen Wand sie so hineingepaßt sind, daß sie mit den Längsprofilen überall übereinstimmen. Von vorn gesehen gleicht die Gesamtform des Brustkorbes einem abgestumpften Kegel (Abb. 95, 115). In die Basis schneidet von beiden Seiten der Rippenbogen ein, welcher durch die Costae abdominales gebildet wird. Von der Seite gesehen ist die Gesamtform dagegen längsoval (Abb. 90, 116). Der hintere Kontur des Ovals kommt dadurch zustande, daß die mittleren Rippen nach hinten entsprechend der dorsal gerichteten Konvexität der Brustwirbelsäule weiter vorspringen als die oberen und unteren. Der vordere Kontur des Ovals wird oben durch das Brustbein gebildet, welches schräg nach unten vorn verläuft, unten durch den Rippenbogen und die fliegenden Rippen, welche schräg nach hinten zurückweichen. Die Begrenzung des Brustovals ist also speziell durch die Form der Rippen bedingt. Ihre schräge Lage in diesem Oval ist die Voraussetzung für die harmonikaartige Verkürzung der Längsachse des Brustkorbes bei der Atmung; sie wird erst später im Zusammenhang mit den anderen dabei beteiligten Faktoren des näheren dargelegt werden können. Es ist für die Ruhestellung des Brustkorbes deutlich, wie durch die Rippen eine ganz andere Form der Brusthöhle erzeugt wird als die plattzylindrische Form, welche die Weichteile der Bauchwand für die Bauchhöhle bedingen (Abb. 90). Doch sind letztere an den Rippen direkt oder indirekt aufgehängt. Die Form der Bauchwandung ist also mitbedingt durch den Rahmen, welchen oben die Rippen bilden (unten wird ein Rahmen vom Becken geliefert).

Die Unterabschnitte der einzel-

Die Rippe (Abb. 91) zerfällt in Körper (Corpus), Hals (Collum) und Köpfchen (Capitulum). Das Köpfchen hat zwei Gelenkfacetten für die beiden

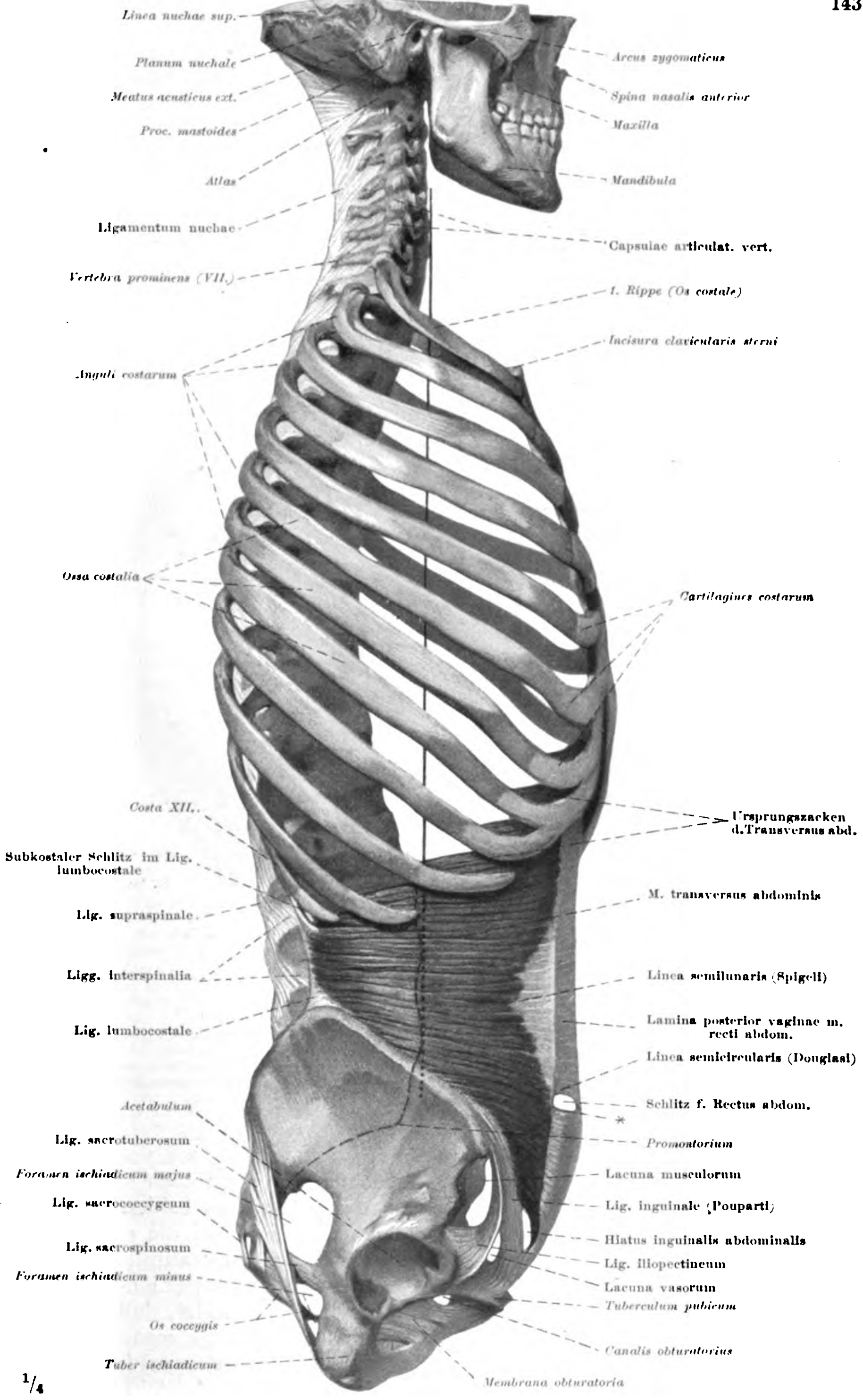


Abb. 90. Rumpf von der Seite. Natürliche Lage der Knochen und natürliche Form der Muskeln wie im unversehrten Körper (1. Seitenbild, tiefste Schicht eines in situ gehärteten und durch eine besondere Methode montierten Muskeltorso). Die 10. Rippe ist bereits Costa fluctuans. Vorderer Kontur der Wirbelsäule hinter M. transversus abd. und Hüftbein gestrichelt. Schultergürtel entfernt.

nen Rippe; die Bedeutung der Schrägstellung der Halsachse

Wirbel, mit welchen es artikuliert; sie werden durch eine Knochenleiste geschieden, welche mit der Zwischenwirbelscheibe verbunden ist (Lig. interarticulare). Die 1., 11. und 12. Rippe haben nur eine Gelenkfacette, da sie nur mit einem Wirbel gelenkig verbunden sind (S. 86).

Der Hals der Rippe geht vom Köpfchen aus schräg nach hinten (Drehachse Abb. 91). In diesem Verhalten liegt der Ausgangspunkt eines doppelten Vorteils für die Gesamtkonstruktion des Brustkorbes und unseres Körpers überhaupt. Die erste Folge ist das Zustandekommen des Sulcus pulmonis. Jede Rippe

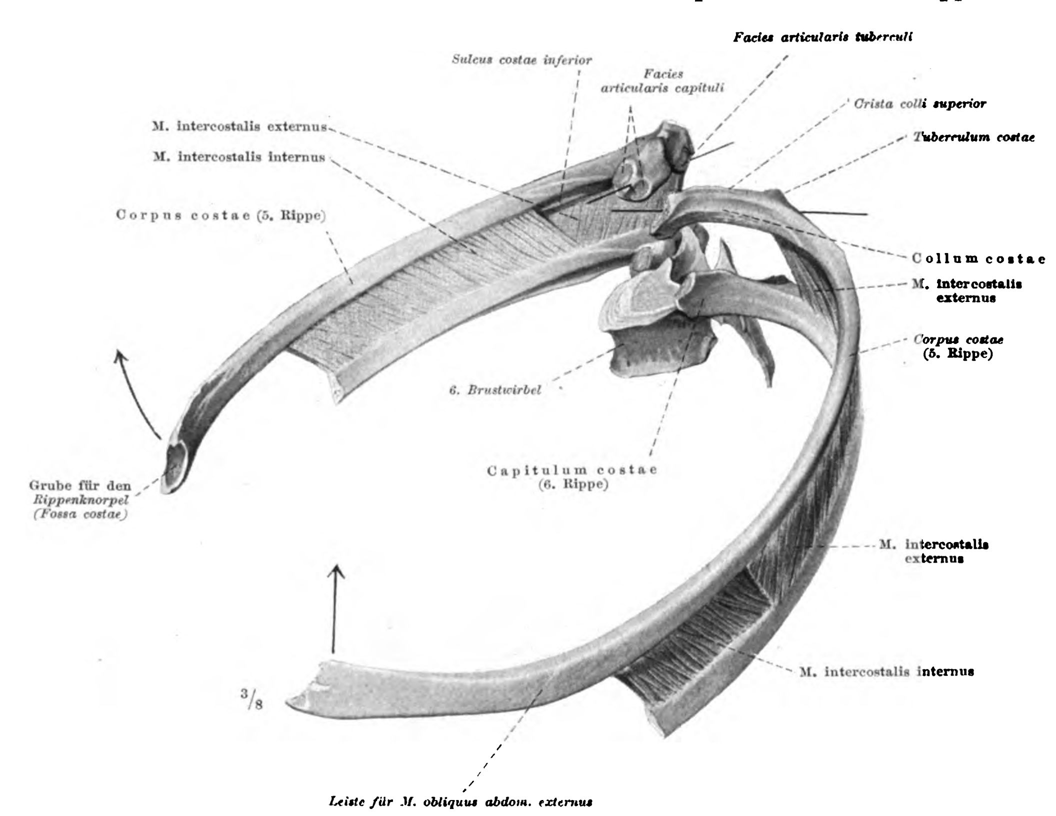


Abb. 91. 5. und 6. Rippe mit Interkostalmuskeln, in natürlicher Lage und Form (Muskeltorso Mittelstellung des Thorax). Die Drehachsen für die Rippen eingezeichnet, sie divergieren nach hinten außen. Die vorderen Pfeile geben die Richtung der Rippenhebung an. Die aponeurotische Fortsetzung des Intercost. internus ist fortgelassen. Die 6. Rippe jederseits vorn weggelassen, ebenso die vorderen Hälften der Interkostalmuskeln und der 5. Brustwirbel.

biegt nämlich am Rippenwinkel, Angulus costae, wieder nach vorn um. Die Rippenwinkel der einzelnen Rippen entfernen sich von oben nach unten immer mehr von der Wirbelsäule. Infolgedessen entsteht vorn zu beiden Seiten der Wirbelsäule eine von den Rippen ausgekleidete Längsrinne, die oben schmal und nach unten immer breiter wird. Sie erweitert den Brustraum beträchtlich; denn sie birgt den hinteren Teil der Lunge (daher ihr Name: Sulcus pulmonis) und entlastet den übrigen Brustraum. Das Entscheidende ist, daß die Brusteingeweide nicht nur vorn von der Wirbelsäule, sondern neben und sogar hinter diese zu liegen kommen (Abb. 90). Die Rückenmuskulatur findet dorsal in der Rinne zwischen Wirbel und Rippen Platz. Die Körpersäule selbst ist in das Innere des Brustkorbes vorgetrieben. Man kann sagen, daß darin eine Vorbedingung

für die aufrechte Körperhaltung gegeben war (Abb. 80). Denn je weniger exzentrisch der Träger zur Last steht, um so leichter läßt sich das labile Gleichgewicht einhalten.

Die zweite Folge der Schrägstellung des Rippenhalses äußert sich in der Art der Rippenwirbelverbindung und in den Bewegungen der Rippe selbst. Die Schrägstellung der Rippenhälse führt sie an die Querfortsätze der Brustwirbel heran, die ebenfalls schräg nach hinten gerichtet sind (Abb. 45c). Die Rippe hat einen Höcker, Tuberculum costae, der unten überknorpelt ist und mit dieser Stelle am Querfortsatz des Wirbels artikuliert, Facies articularis tuberculi. Die Rauhigkeit darüber dient zur Bandbefestigung zwischen Rippe und Querfortsatz (Lig. tuberculi costae, S. 113). Alle

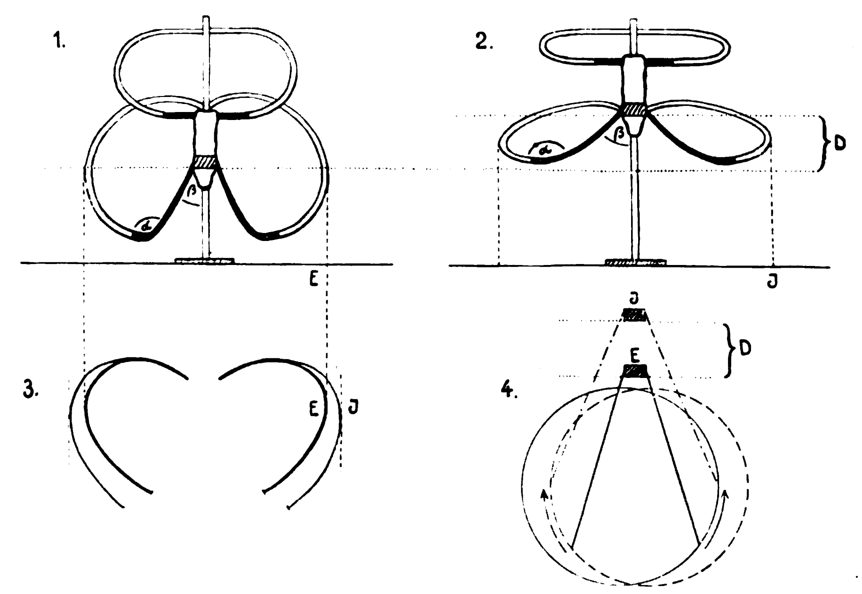


Abb. 92. Modell der Rippenbewegungen (den Abbildungen ist das im Handel befindliche Rippenmodell von R. Fick zugrunde gelegt). In Abb. 1 und 2 ist der oberste und einer der unteren wahren Rippenringe wiedergegeben. Sie sind hinten an einer senkrechten Stange, der Wirbelsäule, und vorn am Brustbein befestigt. Knochen weiß, Knorpel schwarz. Abb. 3 und 4 beziehen sich nur auf den unteren Bogen.

Abb. 1. Exspirationsstellung: α Krümmungswinkel des Rippenknorpels, β Winkel zwischen Rippenknorpel und Medianebene des Körpers (Wirbelsäule). Abb. 2. Inspirationsstellung: Winkel α und β sind vergrößert, das schraffierte Stück des Brustbeins ist um den Betrag D gegen Abb. 1 gehoben. — Abb. 3. Projektion des unteren knöchernen Rippenpaares der Abb. 1 (E) und der Abb. 2 (J) auf die Tischebene. Der Raum zwischen den Horizontalprojektionen der beiden Rippen in Stellung E und J gibt an, um wieviel der Brustraum in der betreffenden Horizontalebene zwischen Ex- und Inspiration zunimmt. — Abb. 4. Geradeführung des in Abb. 1 und 2 schraffiert gezeichneten Stückes des Brustbeines von E nach J. Ansicht von vorn auf die Brust (Frontalprojektion). Das Brustbeinstück wird wie in Abb. 2 um die Strecke D gehoben. Die beiden Rippen des unteren Ringes würden, wenn sie sich vollkommen um die zugehörigen Achsen drehen würden, mit den knöchernen Vorderenden Kreise beschreiben. Der Kreis für die rechte Rippe ist mit ausgezogener, der Kreis für die linke Rippe mit gestrichelter Linie gezeichnet. Die Ansätze der Rippenknorpel an den Rippenknochen werden in der Richtung der Pfeile in die Höhe geführt. Die Rippenknorpel sind gerade gedacht und in der Ausgangsstellung mit ausgezogenen Linien, in der Endstellung mit unterbrochenen Linien (Strich. Punkt usw.) gezeichnet. Die Länge der Rippenknorpel ist der Deutlichkeit der Konstruktion wegen größer angenommen als in Abb. 1 und 2. Jeder Rippenknorpel wird wie die Pleuelstange einer Lokomotive durch die kreisförmige Bewegung der knöchernen Rippenenden vorwärts getrieben (nach oben und außen).

Befestigungen, welche die Rippe am Wirbel besitzt, ermöglichen ihr eine Zapfendrehung in dieser Schrägstellung um die Achse des Halses (Abb. 91. vgl. S. 112); die Rippe beschreibt infolge der Rippenkrümmung mit dem sternalen Ende einen Kreisbogen, wie mit einem Schreibhebel. Diese Bewegung ist ausschlaggebend für die Hebung des Brustbeins und des Brustkorbes im ganzen. Denkt man sich nämlich die Kreisbogen, welche zwei einander entsprechende Rippen wie in Abb. 91 gleichzeitig durch Zapfendrehung ihrer

vertebralen Enden beschreiben, vorn auf dem Brustkorb nebeneinander liegen, so überträgt sich hier die Kreisbewegung auf die Rippenknorpel wie die Drehung eines Rades auf eine Pleuelstange. Man vergleiche dazu das Modell Abb. 92 und die dazu gehörige Erklärung. Der Vereinigungspunkt der Pleuelstangen (Brustbein) wird von E nach J gelangen. Man nennt dies in der Technik eine „Geradeführung". Das Brustbein wird bei jeder Rippendrehung nach oben und nach vorn getrieben. Die Beziehung zu unseren Atmungsbewegungen liegt auf der Hand; das Nähere wird später im Zusammenhang dargestellt werden.

Besonderheiten einzelner Rippen (erste und letzte Rippe)

Die 1. Rippe (Abb. 95, 119) hat eine viel stärkere Kantenkrümmung als alle übrigen, aber keine Flächenkrümmung und keine Drehung um die eigene Längsachse. Ihr Hals steht rein lateral, nicht schräg nach hinten. Tuberculum costae und Angulus fallen zusammen. Die ganze Rippe liegt mit ihrer Fläche fast genau in einer schiefen Ebene, die am ersten Brustwirbel beginnt und bei der Leiche vorn in der Höhe der Zwischenwirbelscheibe zwischen 3. und 4. Brustwirbel das Brustbein erreicht (Abb. 90). Die vorderen Enden der beiden ersten Rippen heben und senken sich, indem sie Kreisbogen beschreiben, die senkrecht stehen und deren Zentrum im Rippenköpfchen liegt. Die Bewegung ist eine wesentlich andere als bei den frontal stehenden Kreisbogen, welche die übrigen Rippen beschreiben (Abb. 92).

Die letzte Rippe hat eine Flächenkrümmung, fast keine Kantenkrümmung und keine Torsion.

Manche Rippenknorpel besitzen Querverbindungen, die in sich eine Gelenkspalte tragen: Articulatio interchondralis (Abb. 95). Fast regelmäßig ist das zwischen der 6. und 7. Rippe, seltener zwischen 5. und 6. oder 7. und 8. Rippe zu finden. Die längsten Rippenknorpel erfahren dadurch eine Verstrebung und das Herz einen besonderen Schutz.

Es gibt Abnormitäten, bei welchen einzelne Rippen partiell gespalten oder benachbarte Rippen zu einer vereinigt sind (Abb. 76). Bei der Rippenzählung am Lebenden ist an solche Fälle zu denken.

Die erste Rippe kann sehr kurz und ihr Knorpel besonders steif sein. Es kann in solchen Fällen die operative Entfernung des Knorpels nötig werden, um Beschwerden der Atmung zu beseitigen. Die 1. Rippe kann ganz fehlen; auch Totaldefekt anderer Rippen ist beobachtet.

3. Das feinere Relief und die innere Struktur der Rippen.

Das Relief der Rippe ist außer durch Beziehungen zum Brustkäfig selbst (Gelenk- und Bandhöcker, Gelenkflächen) durch die Weichteile beherrscht, welche die Zwischenräume zwischen den Rippen einnehmen, also zum Brustkorb selbst gehören, außerdem durch Muskeln, welche zur oberen Extremität oder zum Hals zu rechnen sind, aber sich mit dem einen Ende an den Rippen befestigen. Die spezielle Anordnung der in Betracht kommenden Befestigungsstellen ist bei den einzelnen Muskeln nachzusehen.

Ich verweise vorläufig auf die Abb. 91, 93, 115, 116, auf welchen die Muskeln resp. Muskelansatzstellen bezeichnet sind.

Der Hals der Rippe ist am oberen und unteren Rand zugeschärft, Crista colli superior et inferior, der Körper wesentlich am unteren Rand bis zur Axillarlinie hin. Von da ab hat die Rippe abgerundete Kanten. Der in eine napfförmige Vertiefung des Knochens eingepflanzte Knorpel (Fossa, Abb. 91) ist plumper als der Knochen. Die genannten Zuschärfungen der Knochenränder sind bedingt durch Auskehlungen an der Außenfläche oben und an der Innenfläche unten: Sulcus costae superior et inferior; von ihnen existiert am Körper nur die letztere. Die Interkostalgefäße und der Inter-

kostalnerv, welche zwischen zwei Rippen verlaufen, liegen am Rippenhals näher der unteren Rippe, gehen dann in fast querer Richtung durch den Interkostalraum hindurch und liegen vom Rippenwinkel ab am Unterrand der oberen Rippe (Abb. 93). Sie sind bis zum Angulus von der tiefen Rückenmuskulatur bedeckt und schwer erreichbar; von da ab werden die Gefäße bis zur Axillarlinie vom unteren Rippenrand wie von einem Schild beschützt. Erst wenn sie sich in dünnere Äste teilen, treten sie frei zwischen die Muskeln des Zwischenrippenraumes. Der Nerv liegt viel exponierter (Stichverletzung u. dgl.). Die Rippe ist am breitesten in der Gegend des Rippenwinkels, weil hier an der Außenfläche Zacken von Rückenmuskeln befestigt sind (Serrati posteriores, Iliocostalis), und weil der laterale Rand der gesamten tiefen Rückenmuskulatur an diese Stelle angelehnt ist (Abb. 97).

In die 1. Rippe haben sich die große Armarterie und -vene, welche über sie schräg hinwegziehen, eine Vertiefung gegraben: Sulcus arteriae et venae subclaviae (Abb. 95); zwischen beiden inseriert ein Halsmuskel (Scalenus anterior) am Tuberculum scaleni (Lisfranci).

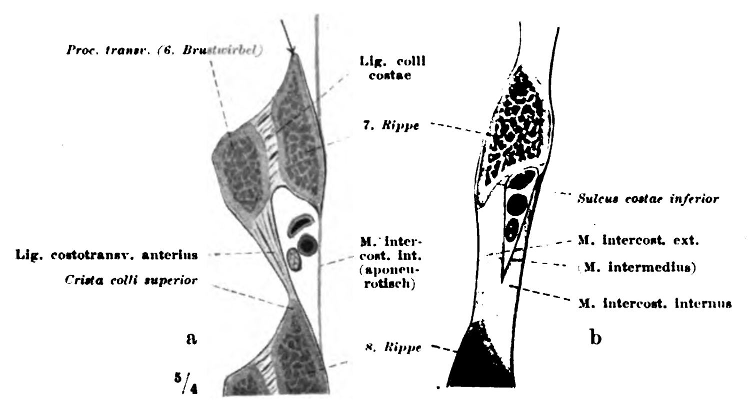


Abb. 93. Querschnitt durch die 7. und 8. Rippe (in natürlicher Lage und Form nach Muskeltorso; Bänder und Muskeln halbschematisch). a Hals der Rippen. b Rippenkörper zwischen Angulus und Axillarlinie. Vene blau, Arterie rot, darunter der Nerv.

Die Rippe hat eine blutreiche Spongiosa, die von einer harten Kortikalis umgeben ist. Das Periost läßt sich auf der Außenfläche leichter als an der Innenfläche abheben. Es bleibt bei Rippenbrüchen oft intakt und hält die gebrochenen Enden zusammen. Trotz der Sprödigkeit des Knochens ist die Rippe im Zusammenhang mit den übrigen Körperteilen recht elastisch. Es kommt das auf Rechnung der Knorpeleinschaltung zwischen Rippenknochen und Brustbein, vor allem aber der Rippenwirbelverbindung, welche einen starken Stoß auf die Brust in eine extreme Zapfendrehung des Rippenhalses umsetzt und dadurch bremst.

Es ist bei jungen Leuten unter Umständen möglich, das Brustbein bis fast an die Wirbelsäule zu drängen, ohne daß die Rippen brechen. Vor einiger Zeit ließ sich ein Artist sehen, welcher eine aus einer Kanone auf der Bühne abgefeuerte Kugel mit dem Brustkorb auffing. Die Kanone war älterer Konstruktion.

Bei Rippenbrüchen werden je nach der Art der einwirkenden Gewalt die Splitter der Kortikalis nach außen oder nach innen (in das Rippenfell und eventuell in die Lunge) gedrängt. Trifft ein Stoß die Rippe direkt, so wirkt die Gewalt im Sinne einer Streckung; es splittert die Innenfläche. Wirkt eine Gewalt indirekt (z. B. beim Überfahrenwerden in Rückenlage des Körpers), so ist die Krümmung verstärkt; es splittert die Außenfläche, ohne ihrerseits dem Brustfell zu schaden.

Der Rippenknorpel ist hyalin, neigt aber zur Entartung. Vom 16. Jahr ab können faserige Strukturen auftreten (Asbestglanz), der Knorpel ist ver-

dickt, gelblich und verkalkt schließlich. Der 2. und 3. Rippenknorpel neigen am meisten dazu, der 1. kommt zuletzt an die Reihe; treten die Veränderungen im höheren Alter auf, so werden oft alle Rippen zugleich befallen. Die Elastizität des Brustkorbes leidet dadurch beträchtlich. Echte Verknöcherungen sind im Alter nicht selten, besonders als perichondrale Auflagerungen. Die enchondralen werden durch Gefäßsprosse eingeleitet, die in den Knorpel eindringen. Man findet Gefäße oft schon lange vor dem Einsetzen der eigentlichen Verknöcherung.

Bei Rachitis sind die Knorpelknochenverbindungen der Rippen aufgetrieben und beiderseits vom Brustbein durch die Haut stark prominierend: „Rosenkranz".

4. Das Brustbein und die Rippenbrustbeinverbindungen.

Einteilung, Arten der Rippenverbindung

Das Brustbein, Sternum, ist ein einheitliches Skelettstück. Man sieht es beim Lebenden seiner ganzen Länge nach zwischen den Rändern der oberflächlichen Brustmuskeln (Extremitätenmuskeln) als Rinne zutage liegen (Abb. 100). Bei der Frau liegt es in der Tiefe des Busens.

Bei gewissen Berufen (Andrücken von Werkzeugen gegen die Brust) neigt der Brustbeinkörper und Brustkorb im ganzen zu Deformierungen. Das Extrem ist die Trichterbrust. Bei bestimmten Krankheiten (Rachitis) verbiegen sich die Rippenknorpel nach außen, das Brustbein wird vorgetrieben: Hühnerbrust (Pecten carinatum).

Die drei Teile des Brustbeines, Manubrium, Corpus, Processus xyphoides s. ensiformis (Abb. 95), sind gewöhnlich durch Knorpel in heterokontinuierlichem Zusammenhang: Synchondrosis sternalis superior et inferior. Sie verknöchern oft im Alter. An der Synchondrosis superior ist die zweite Rippe so befestigt, daß ein Ligament im Innern der Gelenkkapsel vom Rippenknorpel zum Sternalknorpel verläuft und die Gelenkhöhle in zwei Teile scheidet (Ligamentum interarticulare, Abb. 143). Der erste Rippenknorpel steht mit dem Manubrium in heterokontinuierlichem Zusammenhang. Alle übrigen Rippen, welche am Brustbein ansetzen, sind durch je ein Gelenk mit ihm verbunden: Articulationes sternocostales. Die Gelenke der 2.—5. Rippe liegen weiter voneinander als die eng gedrängten der 5.—7. Rippe, deren Lage die Verkürzung des Brustkorbes widerspiegelt.

Das Individuum, welches als Muskeltorso den Abbildungen dieses Buches zugrunde liegt, hat keine Synchondrosis sterni inferior. Der knöcherne Teil des Schwertfortsatzes ist bei ihm nahtlos verwachsen mit dem knöchernen Brustbeinkörper. Die Synchondrosis superior ist dagegen ungewöhnlich hoch. Das übliche Größenverhältnis ist in Abb. 143 abgebildet. — Über Heterokontinuität s. S. 11.

Manubrium sterni (Angulus Ludovici)

Das Manubrium ist besonders breit, weil es außer den ersten Rippen die Klavikula zu tragen hat: Incisura clavicularis (Abb. 95). Den oberen Rand nimmt ein seichter Ausschnitt ein, Incisura jugularis. Diese Stelle ist meist leicht durch die Haut hindurch zu sehen, weil die Haut am Hals oberhalb des Brustbeins einsinkt: Drosselgrube (Jugulum, Abb. 100). Auf alle Fälle kann man die Incisura jugularis mit dem Finger abtasten. Es ist ein wichtiger Meßpunkt (Abb. 1, 2).

Bis etwa zum 12. Lebensjahr steht das Jugulum in gleicher Höhe mit der Vertebra prominens (Punctum suprasternale et cervicale der Anthropologen). Kinder haben infolgedessen einen relativ kurzen Hals und einen hohen faßförmigen Thorax. Die erste Rippe und mit ihr der ganze Brustkorb senkt sich später so weit, daß das P. suprasternale in der Höhe der Zwischenwirbelscheibe zwischen 3. und 4. Brustwirbel (Abb. 90) oder etwas höher steht. Beim engbrüstigen (paralytisch-phthisischen) Habitus ist die Senkung größer, der Hals extrem lang. Die Lungenspitzen werden hauptsächlich beengt; daraus folgt die Disposition für ihre Erkrankung. Die Faßform des kindlichen Brustkorbes wird mit fortschreitendem Alter durch die Abplattung des Thorax in der Richtung von vorn nach hinten, welche im Zusammen-

hang mit der aufrechten Körperhaltung steht, allmählich umgeändert. Der Thorakalindex (frontaler Durchmesser in Prozenten des sagittalen Durchmessers) ist bei menschlichen Föten demjenigen vierfüßiger Tiere ähnlich (Karnivoren 76, Hundsaffen 86), beträgt im 1.—5. Lebensjahr bereits 132, steigt um das 30. Lebensjahr bis annähernd 144 und sinkt im Alter bis auf 139. Beim Weib sind die Zahlen etwas niedriger, da ein mehr infantiler Habitus beibehalten wird (Maximum 140).

Über Ossa suprasternalia siehe Schultergürtel: Episternum.

Das Manubrium liegt bei der Leiche entweder in der gleichen Flucht mit dem Körper des Brustbeins oder seltener ist es gegen das Korpus in der Synchondrosis superior etwas abgeknickt: Angulus Ludovici. Die Spitze des Winkels steht nach vorn und ist als Querleiste durch die Haut fühl- oder sichtbar. Man bestimmt danach die Lage der 2. Rippe. Bei der Einatmung findet eine Abflachung, bei der Ausatmung eine Verstärkung des Winkels statt, solange die Synchondrose beweglich ist. Die Differenz zwischen den Extremstellungen beträgt beim Manne 14° (beim Weib etwas weniger). Bei Tuberkulösen ist die Differenz erheblich herabgesetzt (auf etwa 4°).

Länge und Breite des Brustbeinkörpers sind besonders variabel. Der Handgriff ist dagegen eine Konstante. Er hat bei beiden Geschlechtern relativ gleiche Größe; der Brustbeinkörper ist dagegen bei der Frau durchschnittlich kleiner und die Ansatzfläche für die 2.—7. Rippe ist kürzer als beim Mann.

Die Konstanz der Form des Handgriffs äußert sich auch bei Mißbildungen, z. B. bei Reduktion der ersten Rippe. Die Synchondrosis superior bildet sich dann am Ansatzpunkt des 3. Rippenpaares anstatt des zweiten. Dadurch behält das Manubrium gleiche relative Größe wie in der Norm, es ist aber aus anderem segmentalem Material gebildet und — genetisch betrachtet — eine Imitation des normalen Manubrium.

Processus xiphoides sterni

Der Schwertfortsatz ist der variabelste Teil des Brustbeins (s. Entwicklung S. 141). Er kann gegen das Corpus sterni zurücktreten; dann entsteht in der Haut eine Grube: Magengrube (Herzgrube, Scrobiculus cordis, Abb. 100; beide Bezeichnungen sind topographisch nicht zutreffend). Oft liegt er im gleichen Niveau mit dem übrigen Sternum oder biegt sogar nach vorn gegen den Brustbeinkörper um. Er ist dann zu fühlen, weicht aber vor dem tastenden Finger aus.

Bänder des Brustbeines, Abb. 143, 94

Das Periost des Brustbeins ist mit Verstärkungsbändern der Brustbeinrippengelenke zu einer derben Membrana sterni vereinigt. Sie ist auf der Vorderseite des Brustbeins am stärksten, auf der Hinterseite gewöhnlich nur in der Medianlinie deutlich entwickelt, weil hier autochthone Thoraxmuskeln fest mit den Rändern des Sternum verwachsen sind (M. transversus). Die oberflächlichen Brustmuskeln auf der Vorderseite sind eingewanderte Extremitätenmuskeln (M. pectoralis major, Abb. 9); sie haben auf der Oberfläche der Membrana sterni, nicht am Knochen selbst Fuß gefaßt. Die Verstärkungszüge der Gelenke sind wie bei den Rippenwirbelverbindungen strahlig angeordnet: Ligg. sternocostalia radiata (Abb. 143). Zwischen dem Schwertfortsatz und dem Rippenbogen gibt es jederseits Reste von ursprünglich dort vorhandenen Gelenk- und Bandverbindungen zwischen Rippen und Brustbein; man faßt sie als Lig. costoxiphoideum zusammen.

Bei Brüchen halten die Membranae sterni die Knochenenden zusammen. Auch sind die Membranen resistenter gegen langsam einwirkende, den Knochen usurierende Kräfte (Pulsationen eines Aortenaneurysmas). Wenn der Knochen bereits geschwunden ist, kann die Membran das Brustrippenskelett noch zusammenhalten.

Die Gelenkhöhlen sind, wenn Reste der segmentalen Gliederung im Brustbeinkörper bestehen bleiben, ganz wie die Gelenke zwischen Rippenköpfchen und Wirbelkörpern in zwei Unterabteilungen getrennt. Regelmäßig findet sich das trennende Lig. sternocostale interarticulare bei der 2. Rippe (Abb. 143) gelegentlich auch bei der 3. oder einer der folgenden. Oft sind statt der Gelenkspalten Synchondrosen vorhanden, besonders bei den zusammengedrängten kaudalen Rippen.

Die Rippenwirbelverbindungen sind auf Seite 112—114 beschrieben. Über Zwischenrippenbänder siehe unten: Musculi intercostales (S. 156).

II. Die autochthone ventrolaterale Muskulatur des Rumpfes als aktiver Bewegungsfaktor.

1. Übersicht über die genetische Gruppierung (Tabelle).

Jedes Myotom schiebt in der Entwicklung seinen Bauchfortsatz in die seitliche und ventrale Körperwand hinein (Abb. 5). Insofern ist die Muskulatur dieser Gegend ein Eindringling analog den Rippen, welche später vom axialen Skelett zur Stütze der Muskelmassen in der gleichen Richtung vorwachsen. Aber es handelt sich dabei nur um die Zuteilung des Materials, welches dem allen Skelettmuskeln ursprünglich gemeinsamen Depot des Ursegmentes entstammt. Die Sonderung der einzelnen Muskelschichten und -individuen der ventrolateralen Rumpfwand aus diesem Material findet in der vorderen Körperwand selbst statt. Deshalb nennen wir die Muskeln autochthone Muskeln (Abb. 9, Karminfarbe). Sie unterscheiden sich grundsätzlich von anderen, ihnen aufgelagerten Muskeln, welche trunkopetal von der vorderen Extremität eingewandert sind (orange) und von Abspaltungen der Rumpfmuskeln, welche sich trunkofugal der Extremität zugesellen (gelb; vgl. S. 33).

Soweit Rippen vorhanden sind, kann die metamere Gliederung der ursprünglichen Myotomfortsätze ziemlich streng erhalten sein; denn die Rippen, welche in den Bindegewebssepten zwischen den Myotomen und ihren Bauchfortsätzen liegen, halten die aus letzteren entstehenden Muskeln getrennt (Interkostalmuskeln). Nur an der Innen- und Außenfläche der Rippen finden auch hier Verschmelzungen des metameren Materiales statt. Wo Rippen fehlen (Bauchmuskeln), wird die Verschmelzung zur Regel, selbst da, wo Reste der Zwischensehnen erhalten sind (z. B. Inscriptiones tendineae des Rectus abdominis, Abb. 96).

Autochthone ventrolaterale Muskulatur des Rumpfes.

Ursprung = o (origo); Insertion = i (insertio).

I. Eigentliche Brustmuskeln (Rippenmuskeln):

1. M. transversus thoracis (S. 154).
   o: hintere Fläche des Proc. xiph., Corpus sterni, Knorpel der 7. (6.) Rippe
   i: unterer Rand des 2.—6. Rippenknorpels (Knorpel-Knochengrenze).
2. Mm. subcostales (S. 155).
   o, i: im hinteren Rippengebiet, mit Überspringung von Rippen.
3. Mm. intercostales interni (S. 156).
   o, i: an Nachbarrippen vom Sternum bis Rippenwinkel, weiter dorsal aponeurotisch.
4. Mm. intercostales externi (S. 156).
   o, i: an Nachbarrippen vom Tuberculum costae bis zum Beginn des Rippenknorpels, von da ab aponeurotisch bis zum Sternum.
   (Die oberflächlichen Brustmuskeln gehören zur ob. Extrem., siehe Schulter.)

II. Eigentliche Bauchmuskeln:

A. Seitliche („breite") und vordere („gerade") Bauchmuskeln.

5. M. transversus abdominis (S. 162).
   o: Innenfläche der 6 unteren Rippen, tiefes Blatt der Fascia lumbodorsalis, Labium internum des Darmbeinkammes, Leistenband.
   i: Linea alba.
6. M. obliquus abdominis internus (S. 169).
   o: oberflächliches Blatt der Fascia lumbodorsalis, Linea intermedia des Darmbeinkammes, Leistenband.
   i: Unterer Rand der unteren Rippen (12.—10. oder 9.), Linea alba.
7. M. obliquus abdominis externus (S. 171).
   o: Außenfläche der 5.—12. knöchernen Rippe.
   i: Äußere Lippe des Darmbeinkammes, Leistenband, Tuberculum pubicum, Linea alba.

8. M. rectus abdominis (S. 179).
   o: vordere Fläche des 5.—7. Rippenknorpels und des Schwertfortsatzes.
   i: Schambein, Schambeinfuge.
9. M. pyramidalis (S. 182).
   o: Schambeinfuge vor der Insertion des Rectus abd.
   i: Linea alba.

B. Tiefe Bauchmuskulatur.

10. M. quadratus lumborum (S. 182).
   Pars ventralis (breit, mehr lateral):
   o: Labium internum des Darmbeinkammes, Ligam. iliolumbale.
   i: 12. Rippe und 12. Brustwirbel, Ligam. lumbocostale.
   Pars dorsalis (schmal, medial):
   o: Darmbeinkamm, Ligam. iliolumbale.
   i: Processus laterales des 4.—1. Lendenwirbels, 12. Rippe.
   Pars intermedia (wechselnd):
   Fasern von Querfortsätzen der Lendenwirbel zur 12. Rippe.

III. Zu der ventrolateralen Rumpfmuskulatur gehörige Halsmuskeln.

A. In den Brustkorb eingewanderte Halsmuskulatur.

11. Diaphragma (S. 196).
   o: Rechts 4.—1., links 3.—1. Lendenwirbel, letzter Brustwirbel, Arcus lumbocostalis medialis des M. psoas major, Arcus lumbocostalis lateralis des M. quadratus lumborum, Innenflächen der 7.—12. Rippe, hintere Fläche des Schwertfortsatzes.
   i: Centrum tendineum.

B. Seitliche und vordere Muskulatur des Halses.

12. M. scalenus anterior (S. 202).
   o: Tubercula anteriora des 3.—6. Halswirbels, Spinalnervenrinne des 6. Halswirbels.
   i: Tuberculum scaleni der 1. Rippe.
13. M. scalenus medius (S. 202).
   o: Tubercula anteriora aller Halswirbel, laterale Ränder der Spinalnervenrinnen.
   i: 1. Rippe hinter dem Sulcus pro Art. subclavia (2.—3. Rippe).
14. M. scalenus posterior (S. 202).
   o: Tubercula posteriora der Querfortsätze des 5.—6. Halswirbels.
   i: laterale Fläche der 2. Rippe (3. Rippe).
15. M. sternothyreoideus (S. 203).
   o: Hinterfläche des Manubrium sterni, des 1. und manchmal 2. Rippenknorpels.
   i: Linea obliqua des Schildknorpels, Übergang lateraler Bündel in den M. thyreohyoideus.
16. M. thyreohyoideus (S. 203).
   o: Linea obliqua des Schildknorpels.
   i: Körper des Hyoids (laterales Drittel) und anstoßende Hälfte des großen Zungenbeinhorns.
17. M. sternohyoideus (S. 203).
   o: hintere Fläche des Manubrium sterni, Kapsel der Articulatio sternoclavicularis.
   i: Unterrand des Zungenbeinkörpers nahe der Mittellinie.
18. M. omohyoideus (S. 203).
   o: oberer Rand des Schulterblattes medial von dessen Inzisur, Ligam. transversum superius (zuweilen Wurzel des Korakoides, hintere Fläche des Schlüsselbeines: M. cleidohyoideus, und des Manubrium sterni).
   i: Unterer Rand des Zungenbeinkörpers, mittels der Fascia media colli an der hinteren Fläche der Klavikula.
19. M. geniohyoideus [S. 203).
   o: Spina mentalis mandibulae.
   i: Körper des Hyoids zwischen Mitte und Ansatz des kleinen Zungenbeinhorns. (Die oberen Zungenbeinmuskeln sind zum Teil Kopfmuskeln, siehe diese; zu den autochthonen Halsmuskeln gehören auch die Zungenmuskeln, siehe Bd. II: Mundhöhle.)

C. Subvertebrale Muskulatur des Halses.

20. M. rectus capitis anterior (S. 208).
   o: Massa lateralis atlantis.
   i: Pars basilaris des Hinterhauptbeines, unmittelbar vor dem Foramen magnum.

21. M. longus colli (S. 209).
medialer vertikaler Teil:
o: Ventralflächen der Körper des 3.—1. Brust- und des 7.—5. Halswirbels.
i: Ventralflächen des Körpers des (4.) 3.—1. Halswirbels.
oberer lateraler schräger Teil:
o: Tubercula anteriora der Querfortsätze des 2.—5. Halswirbels.
i: Tuberculum anterius atlantis, Körper des Epistropheus.
unterer lateraler schräger Teil:
o: Körper oberer Brustwirbel.
i: Tubercula anteriora der Querfortsätze des 7.—6. (6.—5.) Halswirbels.

22. M. longus capitis (S. 209).
o: Tubercula anteriora der Querfortsätze des 3.—6. Halswirbels.
i: Unterfläche der Pars basilaris des Hinterhauptbeines, zur Seite des Tuberculum pharyngeum.

(Die subvertebralen Muskeln des kaudalen Abschnittes der Wirbelsäule — Sacrococcygeus anterior, Coccygeus, Levator ani — gehören zum Beckenboden. Siehe Eingeweide, Bd. II.)

Vergleichung der Schichtenfolgen

Die autochthone Muskulatur der ventrolateralen Rumpfwand ist in der voranstehenden Tabelle nach genetischen Gesichtspunkten zusammengestellt. Sie gliedert sich bei den Säugetieren in jeder Körperregion in drei Schichten, die bei der Brust von außen nach innen als Intercostalis externus, Intercostalis internus und Transversus thoracis bezeichnet werden und hier die gesamte autochthone Muskulatur umfassen (Tabelle Nr. 1—4; Abb. 9, rechte Seite; die Subkostales gehören mit dem Transversus der inneren Schicht an). Beim Bauch gibt es ebenfalls drei Schichten, die aber nur die seitliche Bauchwand gliedern. Sie heißen Obliquus externus, Obl. internus und Transversus abdominis (Tabelle Nr. 5—7, Abb. 9, linke Seite). Am Hals sind die entsprechenden Muskeln stark reduziert (Skaleni, Tabelle Nr. 12—14). Jede der drei Lagen der Brust hat in ihrer Faserrichtung große Ähnlichkeiten mit der im gleichen Niveau liegenden Schicht des Bauches. Es darf aber daraus nicht geschlossen werden, daß die drei Schichten auch genetisch miteinander identisch sind. Bei niederen Wirbeltieren entwickeln sich aus einer primitiven Muskellage, welche dem M. obliquus internus abdominis der menschlichen Anatomie am ehesten zu vergleichen ist, mehr Schichten als bei Säugern (bei Reptilien existieren zahlreiche übereinander liegende Etagen). Es ist eine nachträgliche Reduktion eingetreten. Bei den Brustmuskeln haben sich drei Schichten formiert, welche eine andere Stellung in der ursprünglichen Reihe einnehmen als die drei Schichten der Bauchmuskeln. Am deutlichsten kommt dies in der Lage der Muskeln zu den Gefäß- und Nervenstämmen zum Ausdruck. Letztere liegen in der Brust zwischen Intercostalis externus und Intercostalis internus, im Bauch zwischen Obliquus internus und Transversus.

	Seitliche Halsmuskeln	Brustmuskeln	Seitliche Bauchmuskeln
1.	Scalenus anterior, medius et posterior	Levatores costarum, Serrati posteriores, Intercostales externi longi	Obliquus externus
2.		Intercostales externi (breves)	
3.		(Intermedius)	Obliquus internus
4.		Intercostales interni	Transversus abdominis
5.		Transversus thoracis, Subcostales	

Geht man von der Lage der Gefäß- und Nervenstämme aus (in der beigefügten Übersicht mit einer Horizontallinie markiert), so ergibt sich die vorstehende Gruppierung, in welcher die auf gleicher Horizontale eingetragenen Muskeln des Menschen einander entsprechen. Statt drei Schichten sind Repräsentanten von fünf Schichten vorhanden.

Die oberflächlichen Brustmuskeln der Gruppe 1 sind zum Teil auf die Wirbelsäule übergewandert und deshalb bei den tiefen Rückenmuskeln besprochen (S. 89, Nr. 17 bis 19), zum Teil eng der zweiten Schicht angeschlossen. Im Bauchgebiet gibt es bei Amphibien und Reptilien allgemein zwei Muskeln, einen Obliquus ext. superficialis und Obliquus ext. profundus, die dem einheitlichen Obliquus ext. abdominis der Säuger entsprechen. Letzterer ist in seinen primitiven Zuständen von Schaltsehnen, den alten metameren Grenzen, durchsetzt. Die meisten Säuger haben davon ansehnliche Reste; beim Menschen sind sie selten.

Der Obliquus internus des Bauches hat in der Brust keinen eigentlichen Partner außer in den Teilen des Intercostalis internus, welche als besonderer Muskel beschrieben worden sind und außen von dem Gefäßnervenbündel liegen (Intermedius, Abb. 93).

Der Transversus thoracis und die Subkostales der Brust sind Abspaltungen des Intercostalis internus nach innen zu. Diese ganze Gruppe (4 und 5) entspricht dem Transversus der Bauchwand.

Am Hals ist im Skalenussystem eine spezifische Weiterbildung von Resten der seitlichen Rumpfmuskeln zu erkennen; die einzelnen Individuen (Scalenus anterior, medius et posterior) sind aus verschiedenen Teilen der beiden oberflächlichen Schichten hervorgegangen.

Die einzige Stelle, welche keine Schichtung aufweist, ist die ventrale Bauchmuskulatur: Rektus (Abb. 9). Das Rektussystem, das einst vom Becken bis zum Unterkiefer reichte, ist durch die Entwicklung des Brustbeins in zwei getrennte Teile zerlegt worden. Der eine ist der Rectus abdominis (Tabelle Nr. 8), der andere die vordere Halsmuskulatur, die in zahlreiche Zungenbeinmuskeln spezialisiert ist (Tabelle Nr. 15—19). Der Pyramidalis (Nr. 9) gehört zum Rektussystem, ist aber nur ein Rudiment einer Muskulatur, die bei Kloaken- und Beuteltieren ihre höchste Entfaltung hat, weil sie mit besonderen Beutelknochen (Epipubis) den Beutel für die Jungen formiert. Von der Halsmuskulatur ist das Diaphragma (Nr. 11) erst nachträglich in den Brustkorb eingewandert; es ist mit seinem Nerv (Phrenikus) noch mit der Stelle am Hals in Verbindung, welche es einst historisch einnahm. In seiner jetzigen Lage ist es den Bauchmuskeln angeschlossen und wird deshalb im Anschluß an diese aufgeführt. Rektussystem

Die subvertebralen Muskeln des Halses (Tabelle Nr. 20—22) stammen von der autochthonen ventrolateralen Muskulatur ab, haben sich aber auf die Wirbelsäule verschoben und sind auf die Vorderseite der Wirbel gelangt. Andere Muskeln, welche den Weg auf die Hinterseite der Wirbel genommen haben, sind dadurch Bestandteile der Rückenmuskulatur geworden und bei dieser aufgeführt (Tabelle S. 89, Gruppe II). An den Brustwirbeln sind keine subvertebralen Muskeln vorhanden; bei den Lendenwirbeln gibt es einen Muskel, welcher ihnen ähnelt, aber eher einem Skalenus zu vergleichen ist (Quadratus lumborum, Tabelle S. 151, Nr. 10). Von Resten der Schwanzmuskeln, welche reich an subvertebralen Komponenten sind, finden sich beim Menschen an sich sehr wenige; doch sind Abkömmlinge im beweglichen Beckenboden zur Bedeutung gelangt. (Sie werden bei diesem erwähnt werden, siehe Bd. II, Eingeweide des Beckens: M. levator ani etc.). Subvertebrale Muskeln

Zwischen den autochthonen Bauch- und Brustmuskeln des Menschen ist eine weitgehende Arbeitsteilung durchgeführt. Die Brustmuskeln beschränken sich auf die leicht beweglichen Rippen, sind wesentlich Atemmuskeln und an Masse wenig entwickelt. Die Hauptmuskelmasse der Brust, welche der oberen Extremität angehört, ist wie ein Mantel breit über die ganze autochthone Muskulatur gelagert und nimmt den Raum weg, welcher für ihre höhere Entfaltung Arbeitsteilung zwischen Brust-, Bauch- und Halsmuskeln



in Betracht käme (Abb. 9, rechts). Man unterschätzt aber gewöhnlich die Masse der Zwischenrippenmuskeln. Rechnet man die Querschnitte aller zusammen, so ist die Summe größer als der Querschnitt der mächt'gen Gesäßmuskulatur (Glutaei); die Kraft ist also nicht unbeträchtlich. Um so größer ist die Wirkung der viel umfänglicheren Bauchmuskeln. Sie haben infolgedessen hauptsächlich die Aufgabe übernommen, den Rumpf gemeinsam mit der Rückenmuskulatur zusammenzuhalten und zu bewegen. Die Halsmuskeln der hier besprochenen Kategorie sind die schwächsten Muskeln des Systems; die Tätigkeit der Skaleni kommt der Haltung und Bewegung der Rippen, die der subvertebralen Muskeln mit den Skaleni zusammen kommt der Haltung und Bewegung von Hals und Kopf zugute.

Bei der Detailschilderung wird im folgenden von den zu innerst liegenden Muskelindividuen aus sukzessive die muskulöse Körperwand aufgebaut; die Reihenfolge ist die gleiche wie in der Tabelle, auf welche von Muskel zu Muskel verwiesen sei. Im Text wird nur auf das Wesentliche eingegangen, spezielle Daten sind aus der Tabelle zu entnehmen.

2. Autochthone Brustmuskeln: Zwischenrippenmuskeln (Tabelle Nr. 1—4).

M. transversus thoracis (Tab. Nr. 1), Abb. 94

Musculus transversus thoracis. Er steht mit dem M. transversus abdominis in kontinuierlichem Zusammenhang, besonders beim Ursprung an der 6. Rippe, und setzt ihn innen vom Brustbein nach oben bis zur zweiten Rippe fort (Abb. 94). Doch ist der Muskel sehr oft sehnig umgewandelt. Die fleischige untere Partie (Zacken an der 5. und 6. Rippe) ist am beständigsten. Die Zusammensetzung aus metameren Anlagen ist sehr stark verwischt. Wie beim Transversus abdominis sind die Fasern quer zur Längsachse des Körpers gerichtet, was beiden Muskeln den Namen gegeben hat. Beim Transversus thoracis sind aber die oberen, funktionell unwichtigsten Fasern im zweiten, manchmal auch ersten Zwischenraum parallel dem Brustbeinrand ange rdnet. Das ist die alte Lage der Fasern in den Myotomen und in deren Fortsätzen (Abb. 5, 6). Je mehr die Muskelzacken sich dem Bauch nähern, um so mehr haben sie die longitudinale Richtung aufgegeben, sind schräg zu den Rippen und schließlich in die Richtung der Rippenknochen selbst gestellt. Wie bei den tiefen Rückenmuskeln sind durch Fusion aus kurzen metameren Muskeln lange Züge entstanden, die man Zacken nennt (meist 5); sie überspringen bei den oberen Rippen meist zwei Zwischenrippenräume. Als Ursprung wird die Anheftung am Rand des Brustbeins (Körper und Schwertfortsatz) bezeichnet, die Insertion liegt an der Knorpelknochengrenze der Rippe. Die Muskelzacken divergieren vom Brustbein aus (deshalb ist der Muskel im ganzen dreieckig, auch Triangularis sterni genannt).

Beim Transversus abdominis ist die transversale Richtung zur ausschließlichen geworden. In der Brust haben wir alle Übergänge. Die Bedeutung der Querorientierung der Fasern liegt in dem größeren Moment, welches die transversalen Muskelfasern für alle Querschnittsverminderungen von Brust und Bauch gewinnen. Diese sind naturgemäß beim Bauch am ausgiebigsten möglich, in der Brust aber um so mehr gehemmt, je kürzer die Rippen sind. Deshalb ist der Brustmuskel an den unteren Brustrippen am reinsten in die transversale Richtung hinein gebildet und hier auch am konstantesten vorhanden. Die gleichnamigen Bauchmuskeln setzen mit größerem Erfolg die zusammenschnürende Wirkung auf die beiden letzten Brustrippen, auf die Bauchrippen und die rippenfreien Bauchdecken fort.

Innervation: Rr. intercostales von Th 2 bis Th 6. Die einzelnen Zacken werden von Fasern aus zwei oder mehr dieser Nerven beschickt, auch wenn sie nur einem Interkostalraum angehören. Darin und in zahlreichen Schlingen feinster Nerven kommt die Umlagerung zum Ausdruck, die zur transversalen Richtung führte.

Der Muskel liegt innen von sämtlichen Gefäßen des Brustkorbes (Vasa mammaria interna, Vasa intercostalia) und trennt sie gegen das Brustfell. Selbst die sehnigen Partien, die oft allein den Muskel vertreten, können wichtige Marken sein, um bei operativen Eingriffen in die vordere Brustwand die Nähe des Brustfelles zu signalisieren.

Als Unterscheidungsmerkmal gegen den Transversus abdominis dient die Befestigung des Transversus thoracis am Schwertfortsatz. Der Bauchmuskel setzt sich sehnig an die Linea alba an. Es ist ein altes Herkommen, diese Stelle beim Transversus abdominis als Insertion, die entsprechende ventrale Befestigungslinie des Transversus thoracis am Brustbein als Ursprung zu bezeichnen. Dies beruht darauf, daß die dorsale sehnige Anheftung des Transversus abdominis an der Wirbelsäule

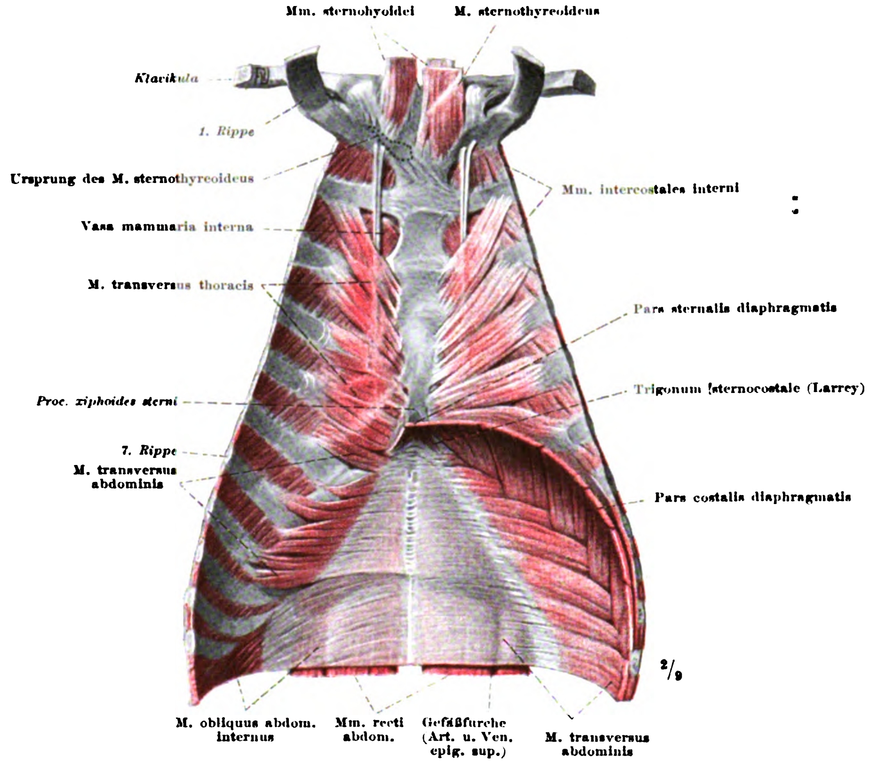


Abb. 94. Innenfläche der vorderen Brustwand. Links ist der Ursprung des Zwerchfells ganz und der Transversus abdominis von der 8. Rippe ab weggenommen. Die aponeurotischen Teile des Transversus abdominis und des Obliquus abdominis internus sind zur hinteren Rektusscheide vereinigt (Vagina m. recti abdominis, Lamina posterior).

weniger beweglich ist als die ventrale an der Linea alba (deshalb „Ursprung"); beim Transversus thoracis ist umgekehrt die dorsale Anheftung beweglicher, weil die Rippen leichter verschieblich sind als das Brustbein (vgl. S. 71).

Musculi subcostales. Sie kommen nur gegen den Angulus costae und meist nur im unteren Teil des Brustkorbes vor. Es sind platte Muskelbäuche, deren Faserrichtung dem Intercostalis internus entspricht und diesen Muskel unterstützt. Sie überspringen eine oder zwei Rippen. Jeder Muskelbauch pflegt nur von einem Interkostalnerv versorgt zu sein. **Mm. subcostales (Tab. Nr. 2)**

Wie bei gewissen tiefen Rückenmuskeln (M. rectus capitis major, S. 91) sind hier längere Muskeln entstanden, indem rein metameres Material in Nachbarsegmente vordrang. Das sind seltene Fälle. Meist ist die Verlängerung mit Verlust der Metamerie verbunden; denn dadurch entstehen besondere Vorteile für die Funktion (S. 65 usf.).

Mm. intercostales interni (Tab. Nr. 3), Abb. **91**, 93, 94, 97, 98

Musculi intercostales interni. Sie sind in allen Zwischenrippenräumen vorhanden. In den unteren schließen sie sich ohne Grenzen an den M. obliquus internus der Bauchwand an (Abb. 98), obgleich beide Muskeln genetisch einander nicht voll entsprechen. Aber die Wirkung und der Faserverlauf sind die gleichen geworden. Die Muskelfasern des Intercostalis internus entspringen an den oberen Rändern der Rippeninnenfläche und inserieren an der nächst höheren Rippe weiter sternalwärts innen vom Sulcus costae; sie verlaufen schräg aufsteigend von hinten unten nach außen vorn (Abb. 91). Nach vorn bis zum Rand des Brustbeins ist der Muskel fleischig, nach hinten zu wird er dünn und vom Rippenwinkel an bis zur Wirbelsäule rein sehnig (Abb. 69). Die Sehnenfasern halten den schrägen Verlauf inne; sie liegen als aponeurotische Membran im hintersten Teil der Zwischenrippenräume zwischen den Gefäßen und Nerven und dem Bindegewebsüberzug der Pleura (Abb. 93a). Der übliche Name: „Fascia" intercostalis interna für diese Aponeurose ist recht unglücklich, weil mißverständlich.

Innervation: Rr. ventrales von Th 1 bis Th 11. Blutzufuhr: Aa. intercostales posteriores aus der A. subclavia und Aorta thoracica; Aa. intercostales anteriores aus der A. mammaria interna und A. musculophrenica.

Es gibt innen von den Rippen einzelne Muskelfasern, welche sich von einem Ic. internus zum nächsten begeben. Feine Nervenästchen werden in der gleichen Weise ausgetauscht. Die einzelnen Muskeln sind nicht rein metamer.

Vom Rippenwinkel ab oder noch weiter vorn dringen die Nervenstämme in das Muskelfleisch des Ic. internus hinein. Die außen von ihnen liegende Schicht des Internus ist dünn aber gut isolierbar. Man hat ihr einen besonderen Namen gegeben: Musc. intermedius (Abb. 93 b). Diese Schicht entspricht allein dem Obliquus internus der Bauchwand.

Zwischen dem Muskelfleisch des Intermedius und dem Hauptmuskel (Ic. internus im engeren Sinne, Abb. 93 b) befindet sich ein prismatischer Zwischenraum, dessen Basis nach oben gerichtet und durch den Sulcus costae gebildet ist; in ihm liegt in Fett eingebettet der Gefäßnervenstrang. Weiter nach der Wirbelsäule zu liegt das Gefäßnervenbündel ebenfalls medial zum aponeurotischen Teil des Intermedius. Nahe dem Brustbein anastomosieren die Gefäße mit Ästen der Arteria und Vena mammaria interna, die zwischen Intercostalis internus und Transversus thoracis liegen (Abb. 94).

Mm. intercostales externi (Tab. Nr. 4), Abb. **91**, 93, **95**, 96—98

Musculi intercostales externi. Sie finden sich wie die Interni in allen Zwischenrippenräumen, sind aber sonst in ihren Merkmalen den Interni entgegengesetzt. Sie verlaufen schräg von hinten außen nach vorn unten. Der Ursprung liegt an der nächst höheren, die Insertion an der nächst tieferen Rippe. Der Ursprung ist außen vom Sulcus inferior an der Crista costae befestigt. Das Muskelfleisch der Intercostales externi erreicht das Brustbein nicht (Abb. 95), sondern wird nach vorn immer dünner; von der Knorpelknochengrenze der Rippen ab ist es durch Sehnenzüge vertreten, die oft Lücken frei lassen („Fascia" intercostalis externa); der Internus liegt in den Lücken zutage oder schimmert durch die sehnige Membran durch, am meisten im obersten Zwischenrippenraum. Nach der Wirbelsäule zu verdickt sich der Intercostalis externus. Ein kleines Dreieck bleibt frei, da der Muskelursprung zuerst den Querfortsatz erreicht. Es ist nicht ausgefüllt, weil von außen die Mm. levatores costarum gerade auf dieser Stelle liegen (Abb. 91, 97).

Die Fleischfasern des Muskels sind nicht so lang wie die schräge Entfernung von zwei Rippen in der Richtung, in welcher die Muskeln liegen. Das fehlende Stück ist sehnig. Die Sehnen der gefiederten Muskelchen liegen bald der oberen, bald der unteren Rippe zugewendet: alternierende Sehnen durchsetzen den ganzen Muskel. Oft greifen die sehnigen Insertionen auf die Außenfläche der Rippen über.

Innervation und Blutzufuhr wie bei den Interni. Die Externi haben je einen separaten Nervenast von einem jeden Interkostalnerv.

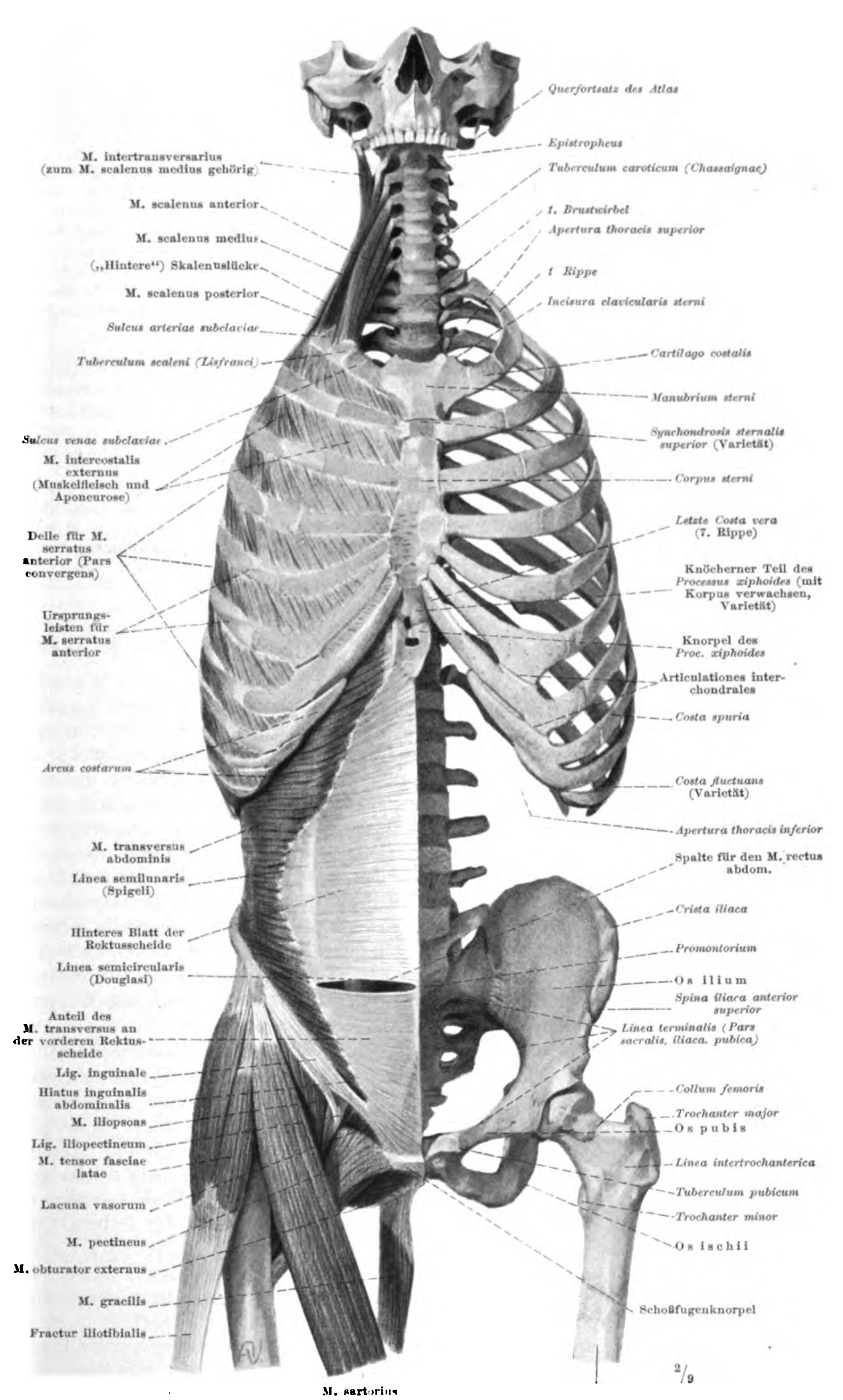


Abb. 95. Rumpf von vorn, natürliche Abstände der Knochen und natürliche Form der Muskeln wie im unversehrten Körper (1. Vorderansicht, Muskeltorso). Die Aponeurose des Transversus abdominis ist von den Aponeurosen der schrägen Bauchmuskeln isoliert (schematisch). In Wirklichkeit ist der Zusammenhang so fest, daß eine unversehrte Loslösung nicht gelingt. Schultergürtel und Unterkiefer entfernt.

Die Intercostales externi sind — außer im ersten Zwischenrippenraum — metamere Muskeln. Hier ist das alte Myotom seinem charakteristischen Bestand nach rein erhalten wie in den kurzen tiefen Muskeln des Rückens. Es bestehen auch direkte Zusammenhänge mit letzteren. Die Intertransversarii anteriores der Halsgegend und die Intertransversarii laterales der Lendengegend sind Teile der Interkostalmuskeln selbst, welche nur dadurch auf der Wirbelsäule Fuß gefaßt haben, daß ihre Knochenunterlage (Rippen) dieser einverleibt worden ist. Infolgedessen ist die Begrenzung gegen autochthone dorsale Muskeln wie die Intertransversarii posteriores in der Halsgegend, die Intertransversarii mediales in der Lendengegend oft undeutlich und nur an den Nerven zu erkennen. Sie werden vielfach als einheitliche Muskelchen beschrieben, was sie dem ursprünglichen Zusammenhang des Myotoms und ihrer Funktion nach auch sind.

Die Levatores costarum und in höherem Grade die Serrati posteriores sind aus Interkostalmuskeln (des Halses) durch Überwanderung auf den Rücken entstanden. Als Matrix kommt wahrscheinlich nicht das System der metameren Intercostales externi in Betracht, sondern ein Muskel, welcher bei Amphibien und Reptilien als M. intercostalis externus superficialis bezeichnet wird (S. 153). Von ihm gibt es beim Menschen noch Reste an der Seite des Brustkorbes (unter dem Serratus anterior und Rhomboides). Es sind Muskeln mit der gleichen Faserrichtung wie der Externus, die aber über eine oder mehrere Rippen hinwegziehen: Mm. externi longi (s. supracostales). Die Ausbildung und die Faserrichtung sind individuell sehr variabel. Fügt man alle Varietäten zusammen, so ergibt sich eine Muskelplatte, die von der 3.—9. Rippe und nach hinten bis zu den Serrati posteriores reicht. Sie läßt noch die Brücke für die Genese der Serrati erkennen. Über die Beziehung dieser ganzen Gruppe zu den übrigen Schichten siehe S. 152.

3. Gemeinsame Wirkung der Zwischenrippenmuskeln und Bewegung der Rippen.

Sternokostaler u. lateraler Typus

Die Bewegung des Thorax im ganzen kann erst später behandelt werden, wenn sämtliche beteiligte Faktoren zusammengestellt sind. Als eine Vorarbeit ist hier die gemeinsame Wirkung der autochthonen Rippenmuskeln der ventralen Brustwand auf die Rippen zu erörtern. Denn diese Muskeln haben infolge der charakteristischen Form der Rippen gewisse Eigentümlichkeiten, die vom Einzelmuskel aus nicht zu verstehen sind. Die Rippe krümmt sich vom vertebralen zum sternalen Ende hin um annähernd 180°, so daß die Faserrichtung eines jeden schrägen Zwischenrippenmuskels weiter vorn gerade umgekehrt gerichtet ist, wie hinten (Abb. 91, linker Interc. externus). Die Faserrichtung zur Medianebene des Körpers ist beim Intercostalis externus am vertebralen Rand des Zwischenrippenraumes die gleiche wie beim Intercostalis internus vorn am Brustbein (Musculus intercartilagineus). Die Folge ist, daß diese beiden Portionen die gleiche Wirkung haben. Diejenigen Teile, welche antagonistisch wirken könnten, sind größtenteils rudimentär. Denn der Externus wird vorn und der Internus hinten sehnig.

Die einzige Gegend, in welcher die entgegengesetzte Faserrichtung des Externus und Internus wirklich zu einem Antagonismus der Wirkung führen kann, ist die seitliche Brustwand. Hier liegen beide Systeme übereinander und überkreuzen sich (Abb. 91). Es kommt aber ganz darauf an, in welcher Weise sich die Rippen bewegen. Es gibt zwei Typen. In einem Falle bleiben die Rippen einander annähernd parallel; es wird dann das Brustbein mitbewegt: sternokostaler Typus. Im anderen Fall divergieren oder konvergieren die Rippen miteinander, wie am deutlichsten zu sehen ist, wenn der Lebende den Rumpf nach der Seite biegt und nun passiv auf der verkürzten Seite die Rippen zusammengeschoben, auf der anderen gespreizt sind: lateraler Typus. Bei Tieren ist der laterale Typus besonders bei der Flankenatmung aktiv, die deshalb bei den unteren Rippen zur Entfaltung kommt, weil das Brustbein und die vorderen Rippen beim Vierfüßler den Rumpf auf den Vorderbeinen zu tragen haben und deshalb wenig beweglich sind (Tragrippen). Beim Menschen sind alle Rippen außer der ersten nach beiden Typen aktiv beweglich. Beim sterno-

kostalen Typus sind die Externi und Interni in der seitlichen Brustwand Antagonisten, beim lateralen Typus sind sie auch hier großenteils Synergisten.

Die Frage, ob die Interni eine besondere Wirkung auf die Rippen haben, ist seit dem Altertum strittig. Bis in die neuere Zeit gibt es Autoren, welche ihnen unter allen Umständen die gleiche Wirkung zuschreiben wie den Externi. Ich halte in der lateralen Brustwand den Antagonismus für möglich. Ob diese Muskeln, wenn sie tatsächlich antagonistisch zu den Externi, den Rippenhebern, wirken, imstande sind die Rippen so weit zu senken, daß sie allein die Ausatmung besorgen, ist eine Frage für sich (siehe Atmung). Es gibt so viele andere Muskeln, die das gleiche tun, daß es bisher nicht gelungen ist, experimentell die Intercostales interni ganz zu isolieren und diese Frage einwandfrei zu entscheiden.

Ausfüllung der Zwischenrippenfenster

Ehe wir uns der Frage zuwenden, in welcher Weise die Rippen von den Rippenmuskeln bewegt werden, ist die Gemeinsamkeit der Muskelwirkung noch von einer anderen Seite her zu beleuchten. Die Zwischenrippenmuskeln vertreten für die Brustwand elastische Membranen. Die außerordentliche Dehnbarkeit des ganzen Käfigs für die Brustorgane muß auch für die Zwischenwände zwischen den einzelnen Stäben gelten. Die Spatia intercostalia sind vorn weiter als hinten, oben weiter als unten (Abb. 95). Am weitesten ist der dritte Interkostalraum, dann folgt der zweite und erste. Die ersten fünf sind weit genug, um die ganze Dicke des Zeigefingers aufnehmen zu können; der 7.—10. sind vom Rippenwinkel aus nach vorn sehr viel enger. Die Weite schwankt je nach der Phase der Atmung (Ein- und Ausatmung) und je nach der Haltung des Rumpfes (seitliche Rumpfbeuge). Handelte es sich bei so wechselnden Verhältnissen um passiv regulierte Verschlußmembranen in den Zwischenfenstern, so wäre die Spannung allein von der Länge der elastischen Fasern abhängig. Bei Muskelfasern dagegen ist eine Spannung in jeder beliebigen Stellung durch entsprechende Kontraktion des Muskels möglich. Die Überkreuzung der Fasern der Intercostales externi und interni ist besonders günstig für eine starke Flächenspannung. Wird der Druck im Inneren des Brustkorbes vermindert oder erhöht, so sinken die Zwischenrippenwände beim Lebenden weder ein noch wölben sie sich nach außen vor, sondern die Wand bleibt in jeder beliebigen Stellung plan und glatt. Die Eigenheit des Muskelgewebes erzielt auf diese Weise eine Ausebnung der Brustkorbwand, die in der Technik nur bei festen Wänden erreicht wird, beim Körper aber mit größter Verschieblichkeit der einzelnen Teile kombiniert ist. Dem Atemmechanismus geht keine Kraft verloren, wie es der Fall wäre, wenn die Wände des Brustkorbes zwischen den Rippen merklich nachgäben, sondern die gesamte Druckdifferenz, die im Inneren des Brustkorbes beim Einatmen gegen die äußere Luft auftritt, kommt der Bewegung der Lunge und damit der Atmung selbst zugute. Deshalb beruht eine der wichtigsten Aufgaben der Interkostalmuskeln in dieser gemeinsamen Tätigkeit, die Zwischenrippenfenster zweckentsprechend zu füllen.

Manche Autoren sehen darin sogar ihre einzige Aufgabe. Es ist jedoch für viele Tiere, welche kein Zwerchfell haben, z. B. für die Vögel, sicher, daß die Interkostalmuskeln auf die Rippen wirken und damit die bei den Vögeln mit den Rippen verwachsenen Lungen wie einen Blasebalg bewegen. Bei den Säugern hat ihnen das Zwerchfell einen beträchtlichen Teil dieser Aufgabe abgenommen. Es ist aber doch eine bestimmte Wirkung auf die Rippen möglich; sie wird ganz unzweifelhaft in solchen pathologischen Fällen betätigt, in welchen das Zwerchfell und die übrigen Atemmuskeln gelähmt gefunden wurden. Inwieweit die Rippenmuskeln bei der gewöhnlichen Atmung oder bei sonstigen Bewegungen des Brustkorbes (Rumpfbeuge, Bewegung der Arme) tätig sind, ist von sehr wechselnden Bedingungen abhängig, die später erörtert werden.

Infolge der verschiedenen Breite der einzelnen Rippen und der verschiedenen Weite der Zwischenrippenräume (Abb. 90) ergeben sich zahlreiche individuelle Eigentümlichkeiten des Osteothorax, welche der Arzt bei der Untersuchung der Lungen durch die Perkussion beobachten muß. Verwechselungen zwischen solchen Varianten und zwischen vermeintlichen Lungendämpfungen sind sonst möglich.

Die üblichen Skelette geben keine Vorstellung von der Wandelbarkeit der Form, da es üblich ist, bei der Montierung der Knochen die Verschiedenheiten der Rippenabstände auszugleichen. Unsere Abbildungen geben sie getreu den wirklichen Maßen wieder.

Rippenring: Vergrößerung des Tiefen- und Querdurchmessers des Thorax

Es ist von besonderer Wichtigkeit für die Wirkung der Rippenmuskeln den zwangsläufigen Bewegungsmechanismus der Rippe selbst zu kennen, der auf der Form und Lage der knöchernen und knorpeligen Rippe und auf der Art ihrer Verbindungen mit der Wirbelsäule, mit dem Brustbein und der Rippenknorpel und -knochen untereinander beruht. Zwei korrespondierende Rippen mit dem zwischen geschalteten Stück Wirbelsäule und Brustbein nennt man einen Rippenring. (In Abb. 91 denke man sich das 6. Rippenpaar nach vorn ergänzt und ein ihm entsprechendes Stück aus dem Brustbein herausgesägt.) Wir schicken über den Rippenring zwei vorläufige mechanische Betrachtungen voraus. Ein Modell stellen wir uns mit unseren Armen her. Man faltet die Hände und hält die Arme im Bogen vor die Brust. Der Körper entspricht der Wirbelsäule, die Arme den Rippen und die Hände dem Brustbein. Senkt man die Hände, so verringert sich ihr Abstand vom Rumpf; hebt man sie, so vergrößert er sich. Die Achse, um welche die Bewegung erfolgt, geht durch die beiden Schultergelenke; sie steht transversal. Entsprechend wird durch Hebung des schräg stehenden Rippenringes der Tiefendurchmesser des Brustkorbes (und der Abstand der 1. Rippe vom Becken) vergrößert. Die Achse geht transversal durch die Rippenköpfchen. Die erste Rippe macht ausschließlich diese Bewegung, da ihr Hals quer zum Wirbel steht. Läßt man in unserem Modell die Hände stehen und senkt die Ellenbogen, so nähern sich die Ellenbogen einander; bei Hebung der Ellenbogen entfernen sie sich voneinander. Die Achse, um welche die Bewegung erfolgt, geht in diesem Fall jederseits durch Schultergelenk und Handgelenk; sie steht sagittal. Entsprechend wird durch Drehung jeder Hälfte des Rippenringes um eine sagittale Achse der Querdurchmesser des Brustkorbes verändert.

Bei allen Rippen, außer der ersten, wird die Veränderung des Tiefen- und Querdurchmessers des Brustkorbes und seine Hebung gegenüber dem Becken nicht wie in dieser Vorbetrachtung am Modell durch verschiedene Bewegungen, sondern durch ein und dieselbe Bewegung erreicht. Es ist das dadurch möglich, daß sich die Rippe an der Wirbelsäule in einem Zapfengelenk dreht, dessen Achse vom Wirbelkörper schräg nach hinten gerichtet ist (Abb. 66, 68, 91). Mit dem Armmodell kann man sich davon eine Vorstellung machen (allerdings nur für die eine Hälfte des Rippenringes), wenn man den herabhängenden Oberarm nach dem Rücken zu zurücknimmt und etwas hebt. Er entspricht dem Rippenhals. Beugt man in dieser Stellung den Ellenbogen, legt den Unterarm gegen die Brust und stellt die Hand in Volarflexion gegen den Kopf hin, so erhält man bei der Drehung des Oberarms um die eigene Achse eine Abhebelung des Unterarmes und der Hand von der Brust und eine Annäherung der Hand an den Kopf. In diesem Fall entspricht der Ellenbogen dem Rippenwinkel, der Unterarm der knöchernen Rippe vom Rippenwinkel bis zur Knorpelknochenverbindung, und die Hand entspricht dem Rippenknorpel. Die Rippe vergrößert also durch ihre Drehung um den schräg nach rückwärts gestellten Rippenhals gleichzeitig den Querdurchmesser und Tiefendurchmesser des Brustkorbes und hebt den Thorax in die Höhe (Abb. 92, 3, 4). Machen wir die gleiche Bewegung mit beiden Armen, so ist deutlich, daß die Hände sich um so mehr voneinander entfernen, je mehr die Oberarme nach außen gedreht werden. Jede Bewegung führt beim geschlossenen Rippenring zu einer Zug- oder Druckspannung wesentlich in den Rippenknorpeln und in deren Verbindungen mit den Knochen. Sowie eine Bewegung der Rippen durch aktive Muskelkraft beendigt ist, federt

der Rippenring wieder in die Ausgangsstellung zurück. Da alle Rippenringe im Brustbein direkt oder indirekt verbunden sind, ist das Resultat für den Gesamtbrustkorb immer ein Kompromiß aus den Einzelbewegungen der Rippenringe, die im wesentlichen mit wenig Kraftverlust sich ergänzen. Die beiden letzten Rippen führen diese Bewegungen nur unvollständig aus; bei ihnen ist die Verbindung mit den übrigen Rippen und durch diese mit dem Brustbein zugunsten der größeren Beweglichkeit des Körpers (Torsion) geopfert.

Mittelstellung (Gleichgewichtslage)

Diejenige Stellung der Rippen, bei welcher alle Spannungen im gegenseitigen Gleichgewicht stehen (Gleichgewichtslage), ist eine Mittelstellung zwischen stärkster Hebung und Senkung. Wird durch Muskelwirkung diese Lage, welche auch die Lage bei der Leiche ist, verlassen, so federt der Brustkorb in sie zurück; es wird die Muskelwirkung von der Extremstellung aus eine Strecke weit nach jeder Richtung (Hebung und Senkung) durch passive Kräfte elastischer Natur unterstützt — eben bis zur Mittelstellung — und weiterhin durch sie gebremst.

Man hat vielfach irrtümlich die Lage des Brustkorbes bei der Leiche mit der Stellung des Zwerchfells bei ihr parallelisiert. Das Zwerchfell steht in stärkster Extremstellung (Exspiration) wie nie beim Lebenden. Der Brustkorb aber steht in der Gleichgewichtslage; diese ist keine extreme Ex- oder Inspirationsstellung, sondern eine Mittelstellung. Es gilt dies wenigstens für jede Körperhaltung, bei welcher die Last der Bauchwand und der Eingeweide vom Brustkorb mitgetragen wird. Abnorme Veränderungen der Rippenknorpel (Starrheit) beeinflussen die Bewegungsmöglichkeiten ganz beträchtlich.

Bei Wiederbelebungsversuchen an Scheintoten (Erstickten, Ertrunkenen) kann durch Druck auf den unteren Brustkorbumfang eine nachfolgende inspiratorische Bewegung hervorgerufen werden. Hier federt der Brustkorb ohne alle Muskelbeihilfe des Patienten in die Mittelstellung zurück. Der Erfolg dieser Methode bei gelungenen Wiederbelebungen ist ein Beweis dafür, daß es eine passive Inspiration gibt.

Hebung und Senkung der Rippen

Da die Intercostales externi zum unteren Rippenknochen eines jeden Zwischenrippenraumes ein größeres Moment als zum oberen haben, so heben sie jeweils die nächst untere Rippe gegen die nächst höhere. Die Intercartilaginei, d. h. die vorderen Teile der Interni haben die gleiche Wirkung. Durch die Verteilung der Muskelfasern auf den ganzen Zwischenrippenraum ist eine parallele Annäherung der Rippen aneinander bedingt, welche nur eine Bewegung der Rippen um die Achse der Zapfengelenke an der Wirbelsäule zuläßt und zwangsläufig zur Hebung des Brustkorbes und zur Vergrößerung seines Quer- und Tiefendurchmessers führt: sternokostaler Typus. Eine Ausnahme macht der laterale Typus; bei ihm wirken die Externi allein, doch sind ausschlaggebend von außerhalb des Brustkorbes an ihn angreifende Muskeln (Serrati posteriores, Scaleni), ohne welche die Rippen aktiv nicht gespreizt werden können. Die Zapfengelenke an der Wirbelsäule geben so weit nach, daß außer der Drehung um die Achse eine geringe Winkelbewegung gegen die Wirbelsäule statthat. Dieses Wackeln wird beim sternokostalen Typus durch die von den Muskeln erzwungene Parallelstellung der Rippen verhindert. Die Muskeln dienen dort als Führung und ergänzen den Mechanismus des Wirbelrippengelenkes zu einer reinen Zapfendrehung; dies ist auch für die Wirkung der Rückenmuskeln wichtig (siehe S. 112).

Die zwischen den Rippenknochen liegenden inneren Zwischenrippenmuskeln, Interni interossei, und besonders der Transversus thoracis senken die Rippen. Dadurch wird der ganze Brustkorb gesenkt und sein Quer- und Tiefendurchmesser verkleinert.

4. Autochthone Bauchmuskeln (Tabelle S. 150, Nr. 5—10).

Mangel an Skeletteilen

Die weiche Bauchdecke hat das besondere, ganz frei von Skeletteilen zu sein, außer dem Rahmen, in welchen sie eingespannt ist. Breite Muskel- und

Sehnenplatten mit ihren Faszien sind die einzigen Bauelemente dieses Teiles des Bewegungsapparates. Der Brustkorb und der Körper im ganzen verdanken ihre Beweglichkeit wesentlich dem Vermögen der weichen Bauchdecke, in hohem Maß nachzugeben. Dieser Gewinn übersteigt den Arbeitsverlust, der dem Brustkorb dadurch zufällt, daß er bei der aufrechten Körperhaltung des Menschen die Hauptlast der Bauchdecke zu tragen hat. Die geringere Widerstandsfähigkeit gegenüber äußeren Gewalten, welche mit dem Mangel von Skeletteilen verknüpft ist und welche die lebenswichtigen Baucheingeweide stärker als die Brusteingeweide gefährden könnte, wird einigermaßen durch eine besonders starke Reflexerregbarkeit der Bauchdeckenmuskulatur ausgeglichen. Bei kontrahierten Muskeln wird im allgemeinen den Eingeweiden durch einen Schlag auf den Bauch kein Schaden zugefügt; in diesem Zustand fängt die Bauchwand den Stoß wie eine Gummiplatte auf und verteilt ihn so, daß Zerreißungen nicht zu befürchten sind, es müßte denn die Gewalt eine ganz außerordentliche sein, so daß auch Skeletteile nicht widerstehen könnten. Es kommt vor, daß Risse in den Muskeln und Sehnen eintreten, die Gedärme aber intakt gefunden werden. Ganz anders bei erschlafften Muskeln. In diesem Fall kann eine von außen einwirkende Gewalt bei intakter Bauchdecke innere Organzerreißungen und -quetschungen verursachen. Es kommt deshalb sehr darauf an, ob wir auf einen von außen kommenden Schlag oder Stoß gefaßt sind und instinktiv die Abwehrkontraktion einleiten können. Eine entsprechende Körperhaltung (Zurücknehmen des Bauches) ist ein weiterer Schutz. Der Mensch gleicht die Gefahr, welche die aufrechte Körperhaltung und exponierte Stellung der Bauchdecke für ihn im Vergleich mit dem Vierfüßler mit sich bringt, durch den Nutzen dieser Haltung auch für diese Körpergegend aus, welchen der freiere Blick und die Abwehrbereitschaft der Arme und Hände bei allen instinktiven Reaktionen schaffen.

Bei Entzündungen innerer Organe, z. B. bei Blinddarmerkrankungen, ist eine erhöhte Reaktionsfähigkeit der Bauchdecke als Schutz gegen schmerzhafte Berührungen bemerkbar und den Ärzten als Frühsymptom solcher Erkrankungen bekannt. Die Bauchdecke ist dauernd kontrahiert und von vornherein gesichert gegen jeden Versuch, sie einzudellen (Bauchsperre, „Défense").

Einteilung

Es gibt in der Bauchwand nur autochthone, dieser Gegend von jeher eigene Muskeln. Sie bilden eine Gruppe seitlicher und vorderer Bauchmuskeln (eigentliche Bauchdecke) und schieben sich an der Wirbelsäule vor die Seitenfortsätze der Lendenwirbel (tiefe Bauchmuskulatur, Musc. quadratus lumborum, s. Erklärung zu Abb. 9). Die Bauchdeckenmuskeln greifen stellenweise sehr ausgiebig auf die unteren Rippen über. Deshalb werden die nicht mit dem Brustbein artikulierenden Rippen Costae abdominales genannt. Übergelagerte Extremitätenmuskeln wie bei der Brust fehlen am Bauch oder dringen doch nur in das äußerste Grenzgebiet der eigentlichen Bauchdecke ein.

Ich beginne wie bei der Brust mit dem zu innerst gelegenen Muskel und reihe die nach außen folgenden an. Es wird sich zeigen, daß hier die Bedingungen für die Form bei dieser Art der Betrachtung besonders klar zutage liegen. Die Übersicht und Detailzusammenstellung findet man in der Tabelle (S. 150).

a) Seitliche und vordere Bauchmuskeln (Tabelle S. 150, Nr. 5—9).

M. transversus abdominis (Tab. Nr. 5), Abb. 90, 94 bis 97, 108—110, 115, 246

Musculus transversus abdominis. Er entspringt von der Innenseite der sechs untersten Rippen, von den aus Rippen hervorgegangenen Seitenfortsätzen der Lendenwirbel und ist unten auf die Beckenwand und das Leistenband fortgesetzt (Abb. 90). Oben hängt er mit dem Transversus thoracis zusammen, der meist gemeinsam mit ihm an der 6. Rippe befestigt ist. Der Bauchmuskel kann gelegentlich den Brustmuskel bis zur 5. Rippe verdrängen (Abb. 94) oder

dieser jenen bis zur 7. Rippe. Der Faserverlauf, der beim Transversus thoracis alle Übergänge vom longitudinalen in den transversalen behalten hat, ist am Bauch rein transversal geworden. Damit ist die Kraft der Muskelfasern des Transversus abdominis für die Einschnürung des Bauches ungebrochen zur Verfügung. Nur die untersten, vom Leistenband entspringenden Fasern laufen schräg abwärts (Abb. 96). Die Sehnenfasern verbinden sich in der Bauchmittellinie, Linea alba, mit denen des Muskels der anderen Körperseite. Fleisch und Sehnen formen Muskelsehnenringe, welche vom Stammskelett aus den Bauchinhalt umscheiden (Abb. 108).

Der Muskelverlauf ist von allen Muskeln der ventrolateralen Körperwand am fortschrittlichsten gegen die longitudinale Faserrichtung im ursprünglichen Myomer verändert und hat dadurch das größte Moment für die Einwirkung auf den Bauchinhalt gewonnen.

Mit dem Verlauf im einzelnen steht die ganze Form des Muskels im Einklang. Er ist die bestimmende Innenwand eines platten schlauchförmigen Sackes, der Bauchwand, der am Rand des Brustkorbes aufgehängt ist und dessen Boden vom Becken gebildet wird. In der Profilansicht haben Transversus abdominis und Brustkorb die Form eines kurzen Schlauches mit oliven- oder eiförmigem Ansatzstück (Abb. 90). Der Brustkorb ist gegen den schlauchartigen Bauchsack durch einen beweglichen Zwischenboden, das Zwerchfell, abgegrenzt. Dieses sondert zwar die Brust- von den Baucheingeweiden, so daß sie sich bei ihren Bewegungen nicht wie bei zwerchfellosen Tieren vermischen können, hindert aber nicht, daß die relative Lage des Höhleninhaltes zur Körperwand in hohem Grade verschieblich ist. Je nachdem der schlauchförmige Fortsatz des Systems im ganzen weiter oder enger wird und je nach der Stellung von Rippen und Brustbein, kann der Gesamtinhalt mehr nach dem Brustkorb zu und stärker in diesen hinein gedrängt oder umgekehrt aus diesem heraus nach unten verschoben werden. Für die Gewichtsverteilung in Brust und Bauch ist die Lage der Tangente von Wichtigkeit, welche man an den vordersten Punkt der Hals- und Lendenkrümmung legt (Abb. 90); sie halbiert bei mittlerer Stellung des Brustkorbes und mittlerer Größe der Bauchhöhle den Abstand des vorderen Konturs der ventralen Körperwand von dem hinteren Kontur der Lendenwirbelsäule. Man ersieht daraus, wie stark die Wirbelsäule in die Bauchhöhle vorgeschoben ist.

Beziehung zur Form des Bauches (und des Rumpfes überhaupt)

Es gibt Artisten, welche wirklich den Gesamtinhalt der Bauchhöhle in den stark emporgehobenen Thorax hineinzutreiben vermögen, so daß die Bauchhöhle bis auf die fest an ihre Wand angehefteten Nieren und bis auf die Darmverbindung mit dem After leer ist. Die Bauchwand springt dann unter dem Rippenbogen gegen die Wirbelsäule so stark zurück, daß man eine Faust unter den Rippenbogen legen kann. — Auch bei stark abgemagerten Menschen besteht ein fast rechtwinkeliger Knick zwischen Brust- und oberer Bauchwand, weil hier der Muskelschlauch dauernd eingezogen ist. Bei nicht zu fetten Menschen und schlaffer Bauchdecke kann man beim Durchtasten die Wirbelsäule und auf ihr die große Bauchschlagader (Aorta abdominalis) fühlen und letztere komprimieren (Nothilfe gegen Verbluten bei Zerreißungen im Beckengebiet).

Der Transversus abdominis ist ein platter Muskel. Das Muskelfleisch geht vorn und hinten in flache Sehnen, Aponeurosen, von beträchtlicher Größe über. Vorn ist die Grenze zwischen Muskel und Sehne halbmond- oder dachfirstförmig: Linea semilunaris (Spigeli, Abb. 95, 98). Der Bogenscheitel ist nach außen gerichtet und steht etwa in Nabelhöhe. Die Aponeurose, die sich an die Linea semilunaris bis zur Linea alba anschließt, ist ein Bestandteil der Rektusscheide, Vagina m. recti. Der Rectus ist aus der ventralen Bauchmuskulatur hervorgegangen; die seitlichen Bauchmuskeln können nur dann auf die Bauchmittellinie wirken, wenn sie die röhrenförmige Faszie des Rektus als Vermittlerin benutzen (Abb. 9, 108). Der Transversus abdominis hat am hintersten Blatt der

Der Beitrag des Transv. abd. zur Rektusscheide

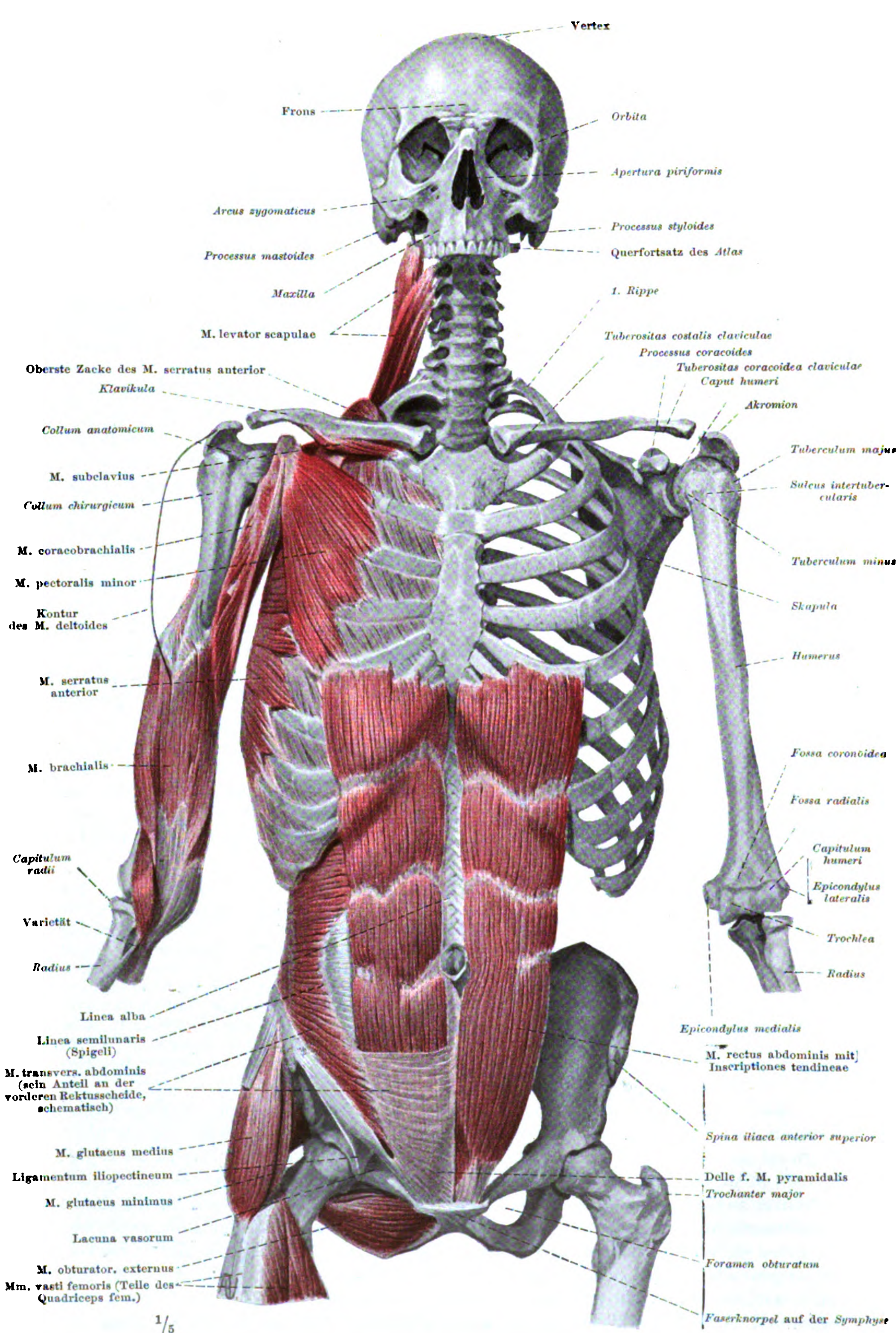


Abb. 96. **Rumpf von vorn, natürliche Abstände der Knochen und nat. Form der Muskeln (2. Vorderansicht, Muskeltorso, siehe Abb. 95). Von der linken Rumpfwand sind alle Muskeln außer dem Rectus abdominis weggenommen. Der Schultergürtel ist erhalten. Die Aponeurose des Transversus abdominis ist aus der Rektusscheide schematisch soliert (die übrigen seitlichen Bauchdeckenmuskeln entfernt).**

Faszie Ansatz gefunden, sein Muskelfleisch liegt sogar teilweise hinter dem Rektus und wird von diesem bedeckt (Abb. 95, 98). Unter der Wirkung der Transversusfasern und der übrigen Muskeln, welche gemeinsam mit ihm die Faszie als Vermittlerin benutzen, ist eine derbe Aponeurose entstanden: hintere Rektusscheide. Diese reicht aber nur bis zu einer Stelle, welche 4—5 cm oder weniger unterhalb des Nabels liegt; von dort aus geht die Transversusaponeurose mit den anderen ihr angeschlossenen Fasern vor dem Rektus (Abb. 95, 96). Auf diese Weise endet die hintere Rektusscheide mit einem scharfen Rand: Linea semicircularis (Douglasi, Abb. 109, 110). Es kommt allerdings häufig vor, daß einzelne Sehnenfasern auch weiter unterhalb hinter dem Rektus bis zur Linea alba verlaufen oder in das Bindegewebe vor dem Bauchfell ausstrahlen; in diesem Fall ist der Übergang ein allmählicher. Das vordere Blatt hat dagegen nie einen so scharfen Rand, wie es bei Isolation der Transversusaponeurose scheinen könnte. Die vordere Rektusscheide ist vielmehr von zahlreichen anderen Fasern gebildet, welche mit den Transversussehnen verflochten sind und auch nach oben dicht an deren Rand anschließen. Eine freie Linea semicircularis gibt es also nur hinter dem Rektus. Dies hängt mit ihrer Entstehung zusammen.

Der Defekt der Scheide unterhalb der Linea Douglasi

Hinter der vorderen Bauchwand liegen Eingeweide, welche teils mit ihr verlötet sind wie die Harnblase, teils sogar in sie hineingestülpt sind wie die Hoden (und wie die den Einstülpungen beim Mann entsprechenden Diverticula Nucki bei der Frau). Soweit diese Eingeweide ursprünglich reichten, waren sie ein Hindernis für die Ausbildung einer hinter dem Rektus liegenden Sehnenverbindung mit der Linea alba; die seitlichen Bauchmuskeln wählten deshalb hier den Weg vor dem Rektus als die einzige für sie verfügbare Straße. Diese Lage hat für den Transversus und die schrägen Bauchmuskeln den Vorteil, daß eine besonders starke Wirkung auf den unteren Abschnitt der Bauchhöhle möglich ist; denn die Hubhöhe der Fasern ist wegen des Umweges vor dem Rektus vorbei entsprechend größer.

Es ist im einzelnen viel darüber gestritten worden, welches Organ in der historischen Entwicklung die unmittelbare Ursache für die Lage der Douglasschen Linie gewesen sei. Beim erwachsenen Menschen reicht die Harnblase mit ihrer Anheftung an die vordere Bauchwand nicht so weit kopfwärts. Aber wohl in der Entwicklung, wo die Blase und ihre Fortsetzung bis zum Nabel der vorderen Bauchwand angeschlossen sind (Urachus). Es wäre also möglich, daß während der Rückbildung der Druck dieser Organe, soweit sie mit Harn gefüllt sind oder pulsierende Blutgefäße enthalten, auf die Innenfläche der Bauchwand groß genug ist, um die Sehnen zu veranlassen, von dem betreffenden Niveau ab die vordere Rektusfläche statt der hinteren zu benutzen. Noch einleuchtender ist, daß bei dem Herabwandern der Hoden, für welche aus den unteren Teilen der Bauchwand jederseits lateral neben dem Rektus eine Ausstülpung gebildet wird (Hodensack), die innersten Schichten der Bauchwand am meisten betroffen werden. Sie beteiligen sich, indem sie Muskelfasern an den Sack abgeben (M. cremaster, siehe unten). Ursprünglich reicht die Ausstülpung weit an der vorderen Bauchwand hinauf, weil die Hoden nur zur Zeit der Brunst, wenn sie am dicksten und im Bauch erhöhtem Druck ausgesetzt sind, in den Hodensack hineintreten, in der Zwischenzeit aber in die Leibeshöhle zurückwandern. Der Verbindungsgang (Leistenkanal) muß den Hoden in seiner vollen Größe passieren lassen. Beim Menschen wird der Durchtritt des Hodens beim erstenmal definitiv; der Hode passiert bereits im unreifen Zustand die Bauchwand und wächst erst zu seiner vollen Größe heran, wenn er im Hodensack liegt. Die Weite des Leistenkanals ist deshalb beim Menschen unbedeutend, und seine Größe steht in keiner Beziehung mehr zur Lage der Douglasschen Linie. Deshalb läßt sich nicht exakt bestimmen, welche Ursache ursprünglich ausschlaggebend war. Ich halte es für wahrscheinlich, daß vieles zusammenwirkte und daß die Bauchorgane im ganzen, soweit sie sich vorn an der Bauchwand hinaufschoben, verantwortlich sind.

An der hinteren Bauchwand ist ebensowenig eine Aponeurose zustande gekommen, da dort die Nieren der Bauchwand anliegen. Ein Teil der Muskelschicht entwickelt sich zum Musc. quadratus; der M. transversus benutzt dagegen das tiefe Blatt der Fascia lumbodorsalis, um am Wirbel Anheftung zu finden (siehe Erklärung zu Abb. 9). Das ist für die hier folgenden Ausführungen zu beachten.



Ligamentum lumbocostale und Spalten in ihm

Die Grenze zwischen Muskelfleisch und Aponeurose fällt am hinteren Rand des Transversus abdominis mit dem Rand der tiefen Rückenmuskeln zusammen (M. iliocostalis, Abb. 97). Die Beziehung zu letzteren ist ähnlich wie vorn bei der Rektusscheide. Denn die tiefen Rückenmuskeln liegen in einer Faszienloge, welche von den Wirbeln und der Fascia lumbodorsalis gebildet wird (Abb. 97, links, Abb. 108). An den Lendenwirbeln schlägt sich die

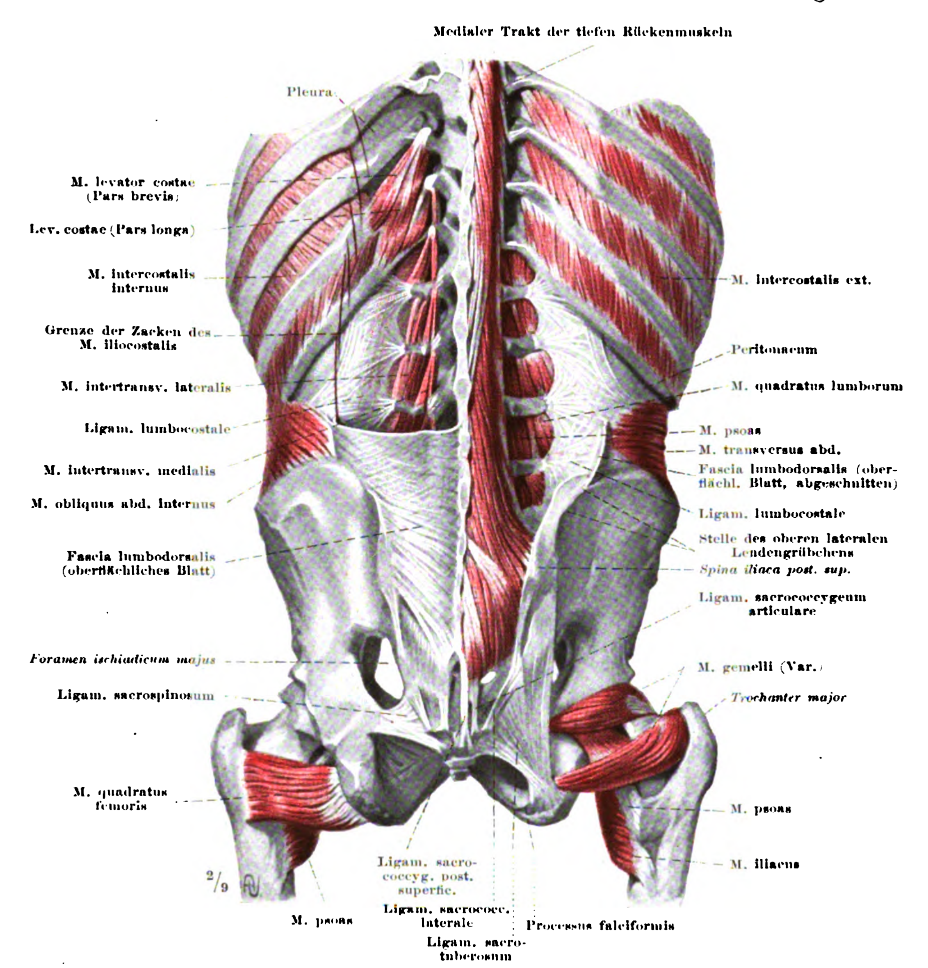


Abb. 97. Lendengegend, natürliche Lage und Form des Skeletts und der Muskeln (1. Rückenbild, tiefste Schicht, Muskeltorso). Links ist der mediale und laterale Trakt der tiefen Rückenmuskeln entfernt, die leere Führungsröhre teilweise erhalten. Rechts ist der mediale Trakt (Spinalis, Multifidus, Rotatores) stehen geblieben, aber das ganze oberflächliche Blatt der Röhre entfernt. Außerdem sind rechts die Mm. intertransversarii entfernt, so daß in allen Zwischenräumen zwischen den Processus costarii der Lendenwirbel der M. psoas und M. quadratus lumb. sichtbar sind (in einem Zwischenraum bezeichnet). Links ist die sehnige Partie des M. intercost. int. im obersten und im folgenden Zwischenrippenraum weggenommen und die Pleura parietalis dadurch freigelegt.

Fascia lumbodorsalis von den Seitenfortsätzen (Rippenrudimenten) um die tiefe Rückenmuskulatur herum und setzt sich oberflächlich bis zu den Dornfortsätzen fort. Der Teil der Faszie, welcher auf der Unterfläche der Rückenmuskeln liegt, das tiefe Blatt, wird auch Ligamentum lumbocostale genannt. An diesem ist der Transversus befestigt; es ist zur Sehne (Aponeurose) des Transversus geworden, ebenso wie am Bauch das tiefe Blatt der Rektusscheide Apo-

neurose des Transversus ist. Die Sehnenfasern entspringen strahlig von den Spitzen der Processus laterales der Lendenwirbel und haben Verbindungen mit der letzten Rippe und dem Beckenrand (Abb. 97, rechts). Nach dem Bauchfell und den Eingeweiden zu liegt der Musc. quadratus lumborum vor der Sehne.

Die Sehnenfasern, aus denen der Transversus hinten hervorgeht, lassen häufig Spalten frei, welche entweder zwischen der letzten Rippe und dem Muskel liegen oder zwischen den Sehnenbüscheln der einzelnen Lendenwirbel. Soweit diese Lücken nicht vom Bauch her durch den Quadratus lumb. gedeckt sind, stehen sie in unmittelbarer Beziehung zum Fett, in welches die Niere eingelagert ist (Capsula adiposa). Es kommen gelegentlich an diesen Stellen Ausstülpungen von Fett oder — als große Raritäten — Bauchfellhernien vor (obere lumbale Brüche). Sie sind nach außen nur vom M. latissimus dorsi und von der Haut bedeckt.

Fascia transversalis. Beziehungen zum Leistenring (M. cremaster, M. interfoveolaris)

Die Innenfläche des Musc. transversus abdominis und seiner ventralen Aponeurose ist von der Fascia transversalis überzogen, welche sich zwischen ihn und das Bauchfell einschiebt (Abb. 108). Von der DOUGLASschen Linie ab bis zum Becken liegt die Fascia transversalis der Hinterfläche des Rektus an, während sie von dieser Linie nach dem Brustkorb zu durch die hintere Rektusscheide vom Muskelfleisch des Rektus abgesondert ist. Sie besteht aus Bindegewebsfasern und Fett von sehr wechselnder Dicke, die mit dem Perimysium des M. transversus zusammenhängen. Die Faszie gehört zu diesem Muskel und ist auch nach ihm benannt. Sie ist aber auch mit dem subserösen Bindegewebe des Bauchfells verbunden und gegen dieses nicht verschieblich. Daraus erklärt sich der Übergang in die Gegend hinter dem Rektus unterhalb der Linea Douglasi. Das präperitonaeale Bindegewebe ist bis zur Linea semicircularis besonders locker, ebenso wie im Becken und an der hinteren Bauchwand. Dadurch wird die Ausdehnung von Abszessen oder die beabsichtigte Loslösung des Bauchfells bei chirurgischen Eingriffen, ebenso die Ausdehnung der Gebärmutter bei der Schwangerschaft begünstigt. Oberhalb der genannten Grenze ist das Bindegewebe fester. Besonders straff ist die Faszie am Nabel, hier auch Fascia umbilicalis genannt. Sie überdeckt hier viszeralwärts die Nabelgefäße (Abb. 109). Am unteren Ende des Rektus geht sie mit verstärkten Zügen zur Mitte des inneren Randes des Beckenknochens: Adminiculum lineae albae (Abb. 110).

Eine besondere Bedeutung kommt der Fascia transversalis am unteren Rand des M. transversus zu. Das Becken besitzt hier einen tiefen Ausschnitt, der vom vorderen Beckenstachel (Spina iliaca anterior superior) bis zur Beckenfuge (Symphyse) reicht. Diesen Ausschnitt passieren Muskeln und Gefäße, welche vom Inneren des Beckens zum Bein verlaufen. Die Bauchmuskulatur bildet einen bogenförmigen Abschluß des Ausschnittes im Beckenknochen, den ich im ganzen Arcus inguinalis nenne. Die einzelnen Muskeln der vorderen Bauchwand verhalten sich zu diesem Bogen verschieden. Der M. transversus selbst ist nur wenig beteiligt, die Fascia transversalis dagegen in hohem Maße. Von den anderen Muskeln ist am stärksten der Musc. obliquus abdominis externus (Tab. Nr. 7) in Anspruch genommen. Wir werden sehen, daß seine Aponeurose einen Sehnenstreifen, das Ligamentum inguinale oder Leistenband, bildet, welches die Hauptstütze des Arcus inguinalis ist (Abb. 107). Es ist hier schon in Betracht zu ziehen, weil der Musc. transversus und besonders die Fascia transversalis am Leistenband Anschluß gefunden haben. Zwischen Arkus und Knochen bleibt gerade so viel Platz frei, wie für die eingelagerten Muskeln und Gefäße erforderlich ist.

Der M. transversus entspringt mit seinen untersten Fasern nur vom äußeren Viertel bis Drittel des Leistenbandes (Abb. 90, 95, 96). Von da ab spannt sich das Muskelfleisch unabhängig vom Leistenband zur Linea alba herüber. Doch gewinnt die Fascia transversalis auf der ganzen Länge des Leistenbandes mit diesem

Beziehung. Es besteht also zwischen unterem Muskelrand und Leistenband eine von der Faszie ausgefüllte Spalte: Hiatus inguinalis (vom Hiatus aus setzt sich die Faszie trichterförmig auf den Samenstrang fort, siehe Leistenkanal: Processus vaginalis fasciae transversalis. Dieser Fortsatz ist in Abb. 90, 95 und 96 weggelassen). Vom unteren Muskelrand zweigen sich Züge von Muskelfasern ab, welche schräg nach vorn verlaufen und unter dem unteren Rand des nächstfolgenden Muskels, des M. obliquus abdominis internus (Tab. Nr. 6) herauskommen, manchmal auch durch Fasern von diesem verstärkt werden: Musc. cremaster (Abb. 98). Er geht hinab in den Hodensack und ist imstande, den Hoden etwas in die Höhe zu ziehen. Andere Muskelzüge des Transversus finden sich nur gelegentlich (3—9% der Fälle) innen von der Aponeurose parallel dem lateralen Rande des Rektus: Musc. interfoveolaris (Abb. 110). Dieses Muskelchen inseriert am Schambein und hat besondere Beziehungen zum inneren Leistenring. Das gleiche gilt von aberrierenden Sehnenfasern der Aponeurose des Transversus, die ebenfalls längs dem lateralen Rektusrand zum Schambein ziehen: Falx aponeurotica (Abb. 110). Sie werden beim Leistenkanal im Zusammenhang mit allen anderen Komponenten desselben besprochen.

Beziehungen der Fascia transversalis zur Fascia iliaca (Lacuna vasorum et musculorum)

Die Fascia transversalis ist innen vom Leistenband mit der Fascia iliaca verschmolzen. Dies ist die Fascia desjenigen Muskels, welcher unter dem Arcus inguinalis aus dem Becken heraustritt (M. iliopsoas, Abb. 107). Der Muskel füllt den osteofibrösen Kanal zwischen Becken und Arkade der Bauchwand nur teilweise aus. Deshalb verläßt die Fascia iliaca bereits in der Mitte des Leistenbandes die Arkade und folgt dem medialen Rand des M. iliopsoas bis zum Beckenrand (Abb. 109, 110). Ein Höcker, die Eminentia iliopectinea an der Verbindungsstelle von Scham- und Hüftbein, bezeichnet die Ansatzstelle der Faszie an dem Knochen. Man bezeichnet den vom Leistenband abzweigenden Teil der Faszie als Ligamentum iliopectineum; doch ist dieses „Band" nichts anderes als ein Stück der Fascia iliaca, welches manchmal durch Sehnenfasern des (inkonstanten) Psoas minor verstärkt ist (siehe Hüftmuskeln, Kapitel: Becken und Hüfte).

Überblicken wir die Konsequenzen dieser Faszienbeziehungen, so ergeben sich drei Kanäle (Abb. 110, Pfeile). Der eine liegt oberhalb des Leistenbandes; es ist der oben bereits erwähnte Hiatus inguinalis. Zwei liegen unterhalb des Leistenbandes und sind durch das Lig. iliopectineum voneinander getrennt. Der äußere dient dem Durchtritt des M. psoas und des M. iliacus: Lacuna musculorum (auch der Nervus femoralis liegt in dieser Loge). Der innere Kanal wird von Gefäßen und gelegentlich von einem Lymphknoten eingenommen: Lacuna vasorum. Die letztere wird bei der Besprechung des Schenkelkanals noch besonders zu betrachten sein (S. 193).

Die Vereinigung der Fascia transversalis mit der Fascia iliaca wird von besonderen straffen Fasern verstärkt, welche unter Umständen bis zum Darmbeinstachel (Spina il. ant. sup.) zu verfolgen sind. Sie sind fast immer deutlich entwickelt von der Stelle ab, wo die Fascia iliaca das Leistenband verläßt, und strahlen von dort nach dem Schambein zu aus. Man nennt alle diese Verstärkungszüge zusammen Tractus iliopubicus (Abb. 110). Es kommen auch Verstärkungszüge der Fascia transversalis vor, welche ungefähr in der Richtung des M. interfoveolaris ziehen und wie dieser Muskel Beziehungen zum Leistenkanal haben. Man nennt sie Ligamentum interfoveolare (HESSELBACHsches Band). Es liegt nach innen vom Tractus ilio-pubicus (während die Muskelfasern den Traktus auf dessen Außenfläche, nach der Haut zu, schräg überkreuzen).

Innervation des M. transversus abdom.: Th 5 (Th 6) bis L 2. Die Nerven treten in die Außenfläche des Muskels ein und bilden innerhalb des Muskels Geflechte. Sensible Äste verlassen den Muskel an der Innenseite und gehen zum Bauchfell. Blutzufuhr aus der Art. iliaca externa durch A. circumflexa ilium int. und A. epigastrica inf., aus der Art. mammaria int. durch A. musculophrenica und A. epigastrica sup.

Musculus obliquus abdominis internus. Er ist der mittlere der drei seitlichen Bauchmuskeln (Abb. 108). Die beiden schrägen Bauchmuskeln liegen auf dem Transversus so darauf, daß in der oberen Bauchhälfte die Resultante der Faserrichtung beider transversal steht, wie beim Transversus. Insofern unterstützen beide Muskeln die einschnürende Wirkung des Transversus auf den Inhalt der Bauchhöhle und sind bloße Verstärkungen für ihn. Das Besondere ist ihre Wirkung auf die Rippen, die zwar den oberen Teilen

M. obliquus abdominis internus (Tab. Nr. 6), Abb. 97, 98, 108, 115, 116, 120, 246

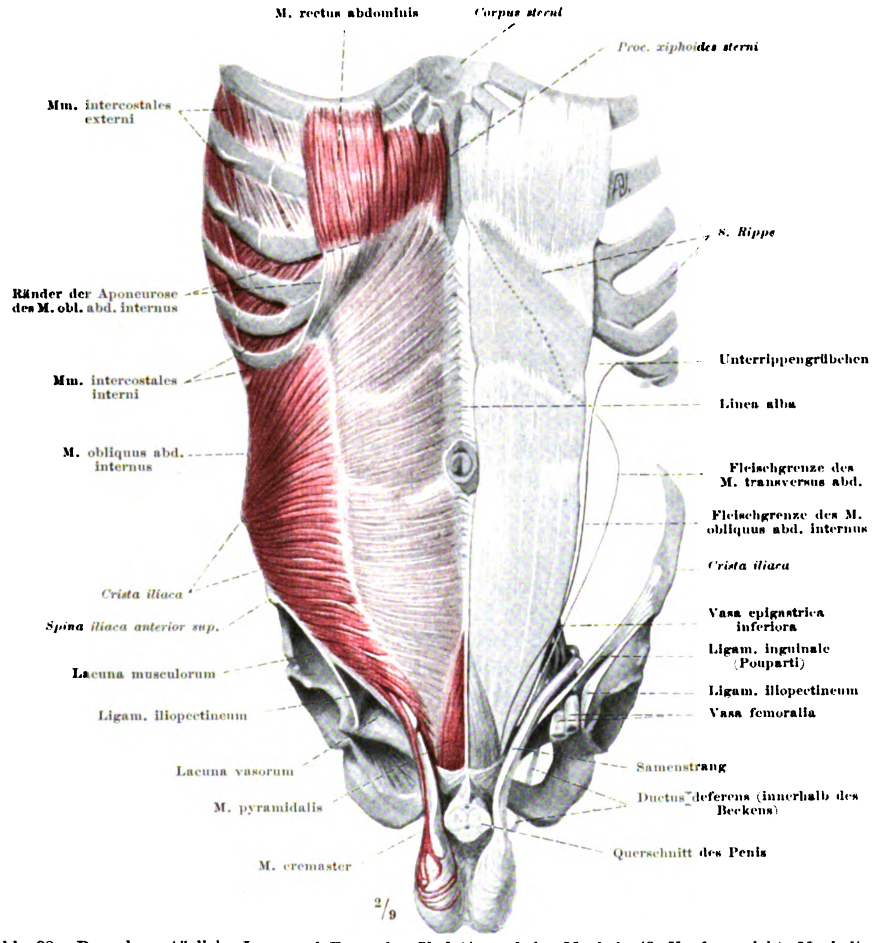


Abb. 98. **Bauch, natürliche Lage und Form des Skeletts und der Muskeln** (3. Vorderansicht, Muskeltorso, siehe Abb. 95 und 96). Auf der rechten Bauchseite sind der M. obl. abd. internus, M. rectus und M. pyramidalis stehen geblieben, links Rektus und Pyramidalis wegen der Beziehungen zu den Fleischgrenzen des Obl. internus und Transversus angedeutet (nicht koloriert).

des Transversus nicht abgeht, bei den Obliqui aber zur vollen Entfaltung kommt, besonders beim Obliquus externus. Die schräge Bauchmuskulatur wird durch Vermittlung der Rippen, die als lange Hebel wirken, ein unterstützender Faktor außer für die Atmung besonders für die Drehung des ganzen Körpers um seine Achse (Torsion) und für die Rumpfbeuge nach der Seite und nach vorn. Die schrägen Muskeln geben dem Körper die große Freiheit in der Bewegung, der zuliebe die Lendenrippen rudimentär wurden und die Schutzwirkung der Knochen für die Baucheingeweide geopfert worden ist. Der Form

nach sind beide Muskeln mit ihren Sehnen platt. Sie sind über die Fläche gebogen; die Form ihrer Krümmung richtet sich nach dem Transversus.

Der Obliquus internus ist kleiner als der Transversus und als der Obliquus externus. Er hat mit seinem Ursprung am oberflächlichen Blatt der Fascia lumbodorsalis Befestigung gewonnen und benutzt dieses als Sehne (Abb. 97, 108, 120). Am Darmbeinkamm (vordere zwei Drittel der Gesamtlänge) entspringt der Muskel zwischen den Anheftungen des Transversus und Obliquus externus. Er folgt ziemlich genau dem höchsten First des Knochens: Linea intermedia (Abb. 246). Am Leistenband reicht der Ursprung bis gegen die Mitte des Bandes abwärts. Von diesen Ursprungsstellen spannen sich die Muskelfasern mit ihren sehnigen Fortsetzungen fächerförmig zu den Insertionsstellen am Brustkorb und an der Linea alba aus (Abb. 98), ohne irgendwo auf oder unter Skeletteilen zu liegen. Er ist der einzige unter den großen Bauchmuskeln, welcher das Skelett nur als Rahmen, nicht als Unterlage benutzt (Pyramidalis und Quadratus lumborum tun das gleiche, sind aber viel kleiner). Die Insertion des Obliquus internus ist an den zwei oder drei letzten Rippen zu finden (Abb. 115, 116), zwischen welchen seine Fasern ohne Grenze in den M. intercostalis internus fortgesetzt sind. Die oberflächlichen Teile dieses Brustmuskels entsprechen genetisch dem Obliquus internus (M. intermedius, S. 152). Es kommen auch manchmal Schaltsehnen im Obliquus vor, welche von den Enden der Costae fluctuantes in gleicher Richtung wie die Rippen in den Muskel eindringen. Sie sind Relikte einst hier vorhandener Skelettstützen, und wirklich sind nicht selten noch Knorpelinseln in den Schaltsehnen zu finden.

Sein Beitrag zur Rektusscheide

Weiter abwärts hat der Obliquus internus keine fleischige Insertion. Sein Muskelbauch besteht aus divergierenden Fasern. So kommt es, daß nur die obere Hälfte des Muskels schräg aufsteigende Fasern hat, die sich mit denen des Obliquus externus kreuzen wie die beiden Systeme der Interkostales. Die untere Hälfte des Obliquus internus geht allmählich in die gleiche Richtung wie der Transversus und Obliquus externus über und ist dann von der Wirkung dieser Muskeln nicht verschieden. Zum Leistenkanal verhält sich der Obliquus internus ganz wie der Transversus; er verläßt da, wo sein Ursprung zu Ende ist, das Leistenband und läuft mit dem unteren Rand seines Muskelfleisches oberhalb des Leistenkanales auf das Becken zu. An dieser Stelle ist er mit dem Transversus oft so innig im Zusammenhang, daß eine Trennung schwierig ist; aber der Innervation nach kann sie immer streng durchgeführt werden. Unter dem unteren Rand schaut der Musc. cremaster heraus, welcher vom Transversus kommt, aber oft auch vom Obliquus internus Zufluß erhält (Abb. 98). Zwischen dem Kremaster und dem unteren Rand des Obliquus internus besteht ein Spalt für den Durchtritt des Samenstranges (Hiatus inguinalis des Obliquus internus).

Die Muskelfasern hören nach vorn in einer langgezogenen S-förmigen Grenzlinie auf (Abb. 98); hier findet der Übergang in die Aponeurose statt. Die Muskelfasern erreichen nirgends den Rand des Rektus, außer gelegentlich nahe dem Becken, wo sie etwas vor den Rektus gehen können; sie liegen ihm sonst oberhalb des Nabels näher als unterhalb. Diese Grenze ist bei fettarmen Menschen mit gut entwickelter Muskulatur von außen oft bis hinab zum Leistenband sichtbar, weil sie nur durch die dünne Aponeurose des Obliquus externus von der Haut getrennt ist (Sulcus recti, Abb. 85, 100—102).

Die Aponeurose des Obliquus internus beteiligt sich an der Rektusscheide unter den gleichen Bedingungen wie die Transversussehne. Es ist klar, daß unterhalb der Linea semicircularis Douglasi auch die Obliquussehne vor dem Rektus verlaufen muß, um die Linea alba zu erreichen; denn der Weg hinter dem Muskel ist durch die Aponeurose des Transversus versperrt,

da letztere hier nach vorn geht (Abb. 95). Oberhalb der DOUGLASschen Linie teilt sich die Obliquusaponeurose in zwei Blätter (Abb. 108). Das hintere Blatt des platten Sehnenschlauches ist mit den Sehnenfasern des Transversus verwoben, das vordere mit denen des Obliquus externus. Isoliert man die Sehnen des Obliquus internus, so sieht man, daß sie am Rand des Brustkorbes aufhören. Sie verhalten sich darin wie das Muskelfleisch, d. h. sie benutzen im allgemeinen das Skelett nicht als Unterlage. So kommt es, daß das vordere Blatt bis auf einzelne aberrierende Fasern in der Höhe des Knorpels der 7. und 8. Rippe endet und hier zur obersten Schaltsehne des Rektus zieht (Abb. 98). Der obere Rand des hinteren Blattes liegt im gleichen Niveau wie der des vorderen Blattes. Es bleibt daher zwischen ihm und dem Rippenbogen nebst Schwertfortsatz ein kleines Dreieck frei, in welchem die Rektusscheide allein vom Transversus gebildet ist.

Die Sehnenfasern des Obliquus internus allein oder auch diejenigen des Transversus können in der Nähe des Beckenrandes vor dem Musc. pyramidalis verlaufen. Dann ist dieser vom Musc. rectus nur durch seine eigene dünne Faszie getrennt. Es können aber auch beide Faserkategorien oder ein Teil von ihnen, hauptsächlich Transversusfasern, zwischen Rektus und Pyramidalis hindurchschlüpfen (Abb. 98). Dann ist der Pyramidalis nach außen nur von der Aponeurose des Obliquus externus bedeckt und also in die vordere Rektusscheide eingelassen.

Die Faszie des Obliquus internus trennt den Muskel auf seiner Außenfläche vom Obl. externus, auf seiner Innenfläche vom Transversus abd.; letztere ist stark entwickelt. Sie besteht aus besonders dickem, filzigem Bindegewebe, in welchem die Fortsetzungen der sechs unteren Interkostalnerven und die beiden ersten Lumbalnerven verlaufen.

Innervation des M. obliquus internus: Th 11 bis L 1 (oft auch Th 10 und eventuelle Zuschüsse von Th 8, Th 9). Die Nerven treten in die Unterfläche des Muskels ein, bilden aber vorher schon Nervenschlingen miteinander. Blutzufuhr wie beim Transv. abd. Außerdem Äste der unteren Interkostalgefäße.

Musculus obliquus abdominis externus. Er ist der oberflächlichste und größte Bauchmuskel. Die 5. bis 12. Rippe, manchmal auch der Processus lateralis des ersten Lendenwirbels haben auf der Außenfläche eine individuell verschieden ausgeprägte Knochenkante, von welcher je eine Zacke des Muskels entspringt (Abb. 116). Er kann ausnahmsweise auch an höheren Rippen entspringen. Bei vielen Säugern, auch bei Halbaffen reicht er regelmäßig bis zur 1. Rippe nach oben. Er ist seiner Herkunft nach ein exquisit thorakoabdominaler Muskel, ist aber unter der Einwirkung der Extremitätenmuskeln (Pektoralisgruppe) auf die unteren Rippen zurückgedrängt. Seine Ursprungszacken decken sich ein wenig dachziegelförmig von oben nach unten und alternieren mit den Ursprungszacken des Musculus serratus anterior (5. bis 9. Rippe) und des Musculus latissimus dorsi (10. bis 12. Rippe), unter welche sie sich schieben. Oft sind sie mit diesen Muskeln durch Schaltsehnen oder unmittelbar fleischig verbunden (Hetero- oder Homoiokontinuität von oberflächlichen Muskelpartien, S. 11). Bei Kontraktionen springt die Linie, in welcher die Zacken alternieren, als staffelförmiger Kontur deutlich hervor (Sägelinie des „Serratus", Abb. 101). Diese Linie bildet im ganzen einen S-förmigen Bogen, dessen Konvexität unten nach dem Rücken und oben nach dem Nabel zu gerichtet ist (Abb. 103).

M. obliquus abdominis externus (Tab. Nr. 7), Abb. **99**, 100–108, 115, 116, 131, 246, **248**, 281

Der Faserverlauf der Muskelplatte ist im oberen Teil gerade entgegengesetzt wie beim Obliquus internus. Die Fasern des Externus beginnen in allen Teilen des Muskels hinten oben und verlaufen nach vorn unten. Sie gleichen darin den Intercostales externi. Daß sie aber diesen nicht schlechthin gleich zu setzen sind, geht schon daraus hervor, daß am Brustkorb der Obliquus stellenweise auf dem Muskelfleisch der Intercostales externi liegt. Beide Muskeln kommen also hier übereinander an der gleichen Stelle vor.

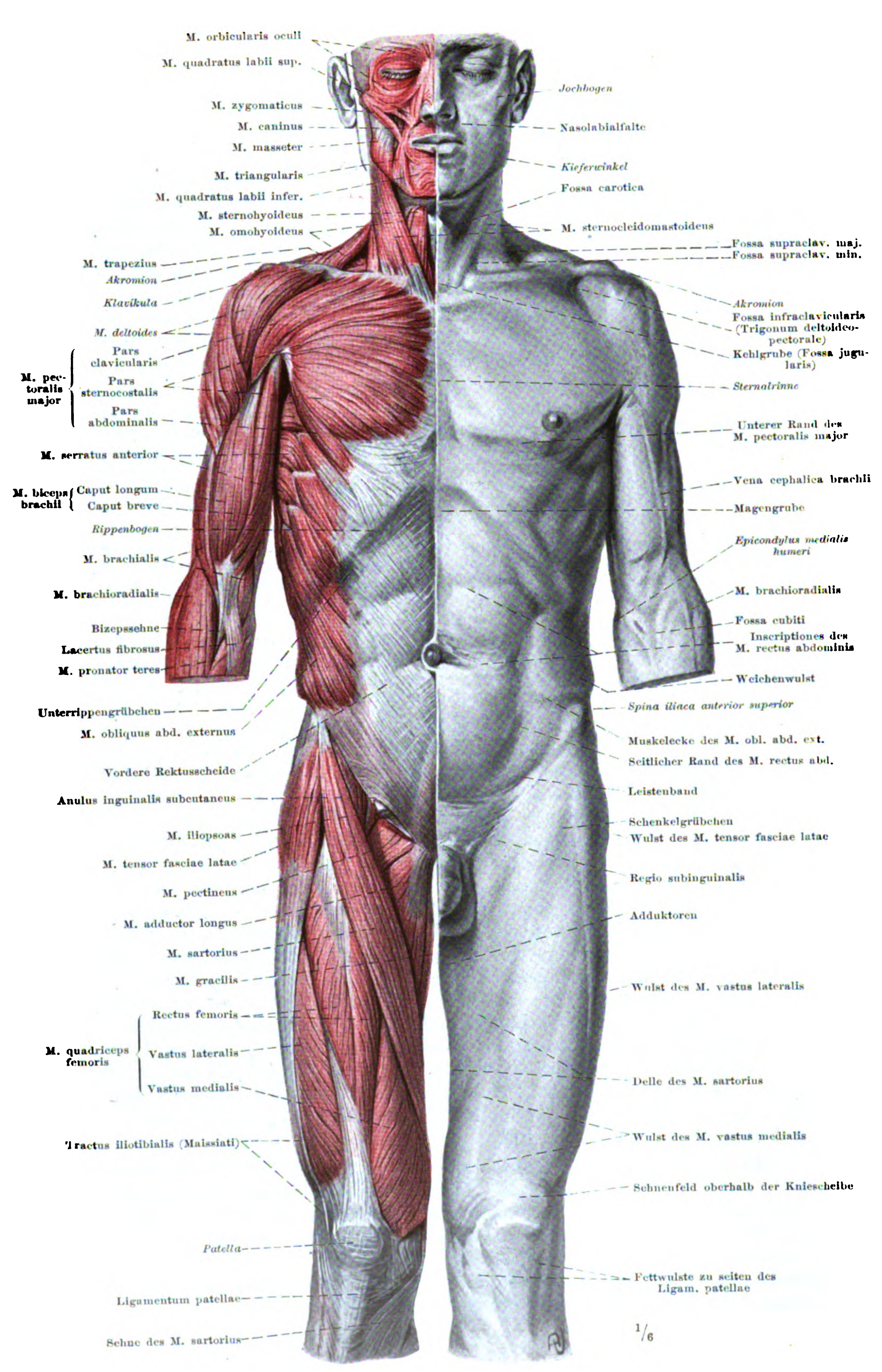


Abb. 99. Vorderansicht, linke Körperseite: Relief der Haut; rechts: oberflächliche Muskelschicht (4. Bild, Muskeltorso, siehe Abb. 95, 96, 98).

Der Obliquus gehört zum Teil in eine oberflächlichere Schicht als die Intercostales externi. Nur vom Rippenbogen ab entspricht die tiefe Lage der Muskelfasern des Obliquus ext. den Intercostales ext. Eine scharfe Scheidung in einen Obl. abd. ext. superficialis und profundus ist bei Amphibien und Reptilien vorhanden, bei Säugern aber am Bauch verschwunden. Nur im Bereich der Rippen besteht sie noch. Hier ist in der Entwicklung des menschlichen Embryo am Thorax eine einheitliche oberflächliche Schicht von Muskelanlagen beobachtet worden, aus welcher der Obliquus externus und die Serrati posteriores hervorgehen. Beide

Klavikula
Kontur des Trapezius
Akromion
Wulst des Deltoides
Überschneidung d. Deltakonturs mit dem Bizeps
Brachioradialis
Weichenwulst
Wulst des Tensor fasciae latae
Barth. 1912

Abb. 100. Vordere Rumpfwand. Zur Erläuterung der Muskeln usw. siehe Abb. 99.

sind Überbleibsel jenes Obl. abdom. ext. superficialis. (Über andere Muskeln dieser Art und über Zwischensehnen im Obliquus ext. siehe S. 153.)

Der hintere untere Rand der Muskelplatte führt schräg von der letzten Rippe bis zum oberen Beckenrand. Der Muskel inseriert an der äußeren Lippe des Darmbeinkammes, am mittleren und vorderen Drittel bis zum Darmbeinstachel (Abb. 246a). Es ist für diese Stelle charakteristisch, daß die Muskelplatte, solange sie nicht kontrahiert ist, über den Beckenrand hinabsinkt und ihn nach außen verdeckt. Durch die Haut sieht und fühlt man den unteren Muskelrand als einen horizontal verlaufenden Wulst, den Weichenwulst

Weichenwulst, Trigonum lumbale (Petiti)



(Abb. 100). Tastet man in die Tiefe, so fühlt man den Knochenrand und konstatiert, daß er beträchtlich höher — nach dem Brustkorb zu — liegt als der Muskelrand (Abb. 103, 281). Der Knochenrand hat eine ganz andere Richtung wie der horizontale Weichenwulst, denn er steigt von vorn nach hinten allmählich an. Man darf ihn deshalb nicht mit dem Weichenwulst identifizieren.

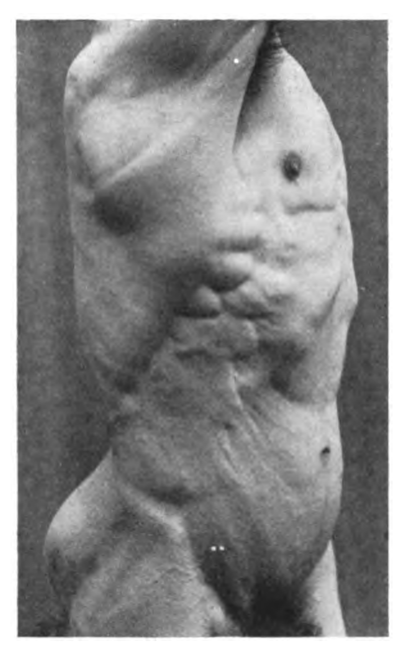
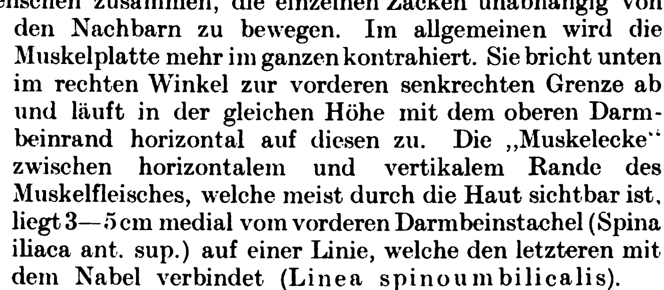


Abb. 101. **Rumpf von der Seite.** Photographie eines muskelkräftigen, sehr mageren Mannes. Zur Erläuterung des Muskelreliefs vgl. Abb. 103. Die Arme sind in die Höhe gehoben (Hände vor der Stirn gekreuzt). . Teres major (der Latissimus schlägt sich um ihn herum). .. Trigonum inguinale.

Da wo der Muskel hinten aufhört, schließt bei muskelkräftigen Menschen oft der M. latissimus an. Es bleibt aber in etwa $^3/_4$ der Fälle, besonders bei der Frau, eine kleine Lücke zwischen beiden frei: Trigonum lumbale (Petiti, Abb. 248). In ihr liegt der M. obliquus abd. internus frei vor. Das Dreieck wird vorn vom Obliquus abd. ext., hinten vom Latissimus und unten vom knöchernen Beckenrand begrenzt. Es ist oft über der Mitte des Darmbeinkammes am Lebenden erkennbar (Abb. 131). Die seitliche Bauchwand besteht innerhalb des Petitschen Dreiecks nur aus zwei Komponenten anstatt aus dreien und hat hier außer an der oberen lumbalen Pforte (S. 167) ihre relativ dünnste Stelle. An diesem Punctum minoris resistentiae können Abszesse, welche von der Wirbelsäule kommen und beim Liegen auf der Seite gern dem oberen Beckenrand entlang kriechen, nach der Haut zu durchbrechen, in seltenen Fällen auch Brüche (untere lumbale Hernie, Petitsche Hernie).

Das Muskelfleisch geht vorn neben dem seitlichen Rektusrand in einer fast geraden, senkrecht verlaufenden Flucht in die Aponeurose über (Abb. 103). Es kommt vor, daß die Linie gestaffelt ist, weil gelegentlich die einzelnen von den Rippen entspringenden Portionen auch an der Muskelsehnenverbindung gegeneinander abgesetzt sind (Abb. 101). Dies hängt mit der Fähigkeit mancher Menschen zusammen, die einzelnen Zacken unabhängig von



den Nachbarn zu bewegen. Im allgemeinen wird die Muskelplatte mehr im ganzen kontrahiert. Sie bricht unten im rechten Winkel zur vorderen senkrechten Grenze ab und läuft in der gleichen Höhe mit dem oberen Darmbeinrand horizontal auf diesen zu. Die „Muskelecke" zwischen horizontalem und vertikalem Rande des Muskelfleisches, welche meist durch die Haut sichtbar ist, liegt 3—5 cm medial vom vorderen Darmbeinstachel (Spina iliaca ant. sup.) auf einer Linie, welche den letzteren mit dem Nabel verbindet (Linea spinoumbilicalis).



Abb. 102. **Antiker Leistenschnitt.** Diadumenos Farnese (Britisches Museum, London; aus Sybel, Weltgeschichte der Kunst, 1888, S. 195).

Die Muskelecke entspricht ziemlich genau dem sog. Mc Burneyschen Punkt, d. h. der Stelle der vorderen Bauchwand, auf welche sich der Abgang des Wurmfortsatzes vom Blinddarm projiziert und welche bei Appendizitis schmerzhaft ist (Abb. 103). Der Lanzsche Punkt, welcher für diese Projektion noch maßgebender ist, liegt etwas tiefer, auf der gleichen Horizontalen wie die beiden oberen Darmbeinstachel.

Antiker Leistenschnitt

Beim antiken Leistenschnitt, einer von den Bildhauern des Altertums bevorzugten Stilisierung der unteren

Bauchbegrenzung, bricht die Weichenwulstlinie eckig am Darmbeinstachel um und setzt sich hier nach der Symphyse zu in die Leistenlinie fort. Es war üblich, diese Bruchstelle möglichst nach innen zu legen und dem Bauch einen stark gegliederten Abschluß zu geben (Abb. 102). Nach meiner Meinung sind bei solchen Typisierungen rein künstlerische Bedürfnisse maßgebend, welche nicht vom anatomischen Modell aus ganz zu verstehen sind, sondern die plastische Wirkung des Kunstwerkes als Nach- und Neuschöpfung betreffen. Es ist kaum anzunehmen, daß die Muskelecke des Obliquus externus zu Verlegung des Brechpunktes des antiken Leistenschnittes nach innen Anlaß gab. Wenigstens zeigt die ganze Orientierung des Muskelreliefs in der Umgebung, insbesondere am Oberschenkel, daß der antike Stil den Darmbeinstachel selbst nach innen verlegte (siehe Schenkelgrübchen, Kapitel: Vordere Muskeln des Oberschenkels).

Die Aponeurose des Obliquus externus setzt mit ihren Sehnenfasern die Richtung der Muskelfasern fort. Alle verlaufen stark schräg nach abwärts, nur die obersten Sehnenfasern liegen fast quer. Die Gesamtsehne schließt an den medialen Rand des Muskelbauches an; ein dreieckiges Stück (Trigonum inguinale, Abb. 101) liegt zwischen Muskelecke, vorderem Darmbeinstachel und dem Rektusansatz am Schambein. Die Fasern des Trigonum ziehen zum Teil zum Leistenband, alle anderen verlaufen vor dem Rektus zur Bauchmittellinie. Die Aponeurosen des Obliquus internus und Transversus abdominis lassen keine andere Möglichkeit für die Erreichung der Linea alba offen. Nur oberhalb des Rippenbogens ist die Rektusscheide vom Obliquus externus allein gebildet. Sein Beitrag zur Rektusscheide; Unterippengrübchen

Hier zeigt sich, daß die Lage der Aponeurose zum Rektus durch den Obliquus ext. selbst bedingt ist. Denn, obwohl er hier die Wahl hätte, vor oder hinter jenem vorbeizuziehen, geht auch hier seine Aponeurose auf die Vorderseite des Rektus, die also ganz von ihr bedeckt wird (Abb. 103). Die Hinterseite des Rektus liegt nackt auf dem Brustkorb.

Überall, wo die beiden Obliqui allein oder zusammen mit dem Transversus die Rektusscheide bilden, sind die Sehnenfasern miteinander fest verwoben. In der Linea alba überkreuzen sich die Züge von rechts und links miteinander (Abb. 105). Die Sehnenfasern der vorderen Rektusscheide treten zum Teil in die hintere Rektusscheide der anderen Körperseite über und umgekehrt. Die Linea alba ist infolgedessen sehr widerstandsfähig, aber auch ziemlich breit ($1-2^1/_2$ cm, Abb. 96), weil die Überkreuzungen aus verschiedenen Tiefen entsprechenden Platz verlangen. Dies gilt vom Brustbeinende bis zur Höhe der Douglasschen Linie (also 4—5 cm unterhalb des Nabels). Da von hier ab alle Sehnen vor den Rektus treten, so liegen unterhalb der Douglasschen Linie alle Überkreuzungen im gleichen Niveau und die Linea alba wird entsprechend schmal. Die Haut sinkt über dem oberen Teil als vertiefte Furche ein, über den unteren Teil geht die Außenfläche glatt hinweg (Abb. 100).

Die Haut über der Linea alba ist häufig besonders pigmentiert (Abb. 101, 106). oder auch stärker behaart. In der Schwangerschaft und bei Bauchwassersucht wird die Linea alba beträchtlich verbreitert (auf 5 cm und mehr).

Da im größten Teil der Linea alba die Sehnenfasern der beiden Obliqui externi schräg von oben zusammentreten und sich verflechten (Abb. 105), die Sehnenfasern der Obliqui interni dasselbe schräg von unten her tun (Abb. 98), so entstehen kleine rautenförmige Figuren, die von je zwei Externus- und zwei Internussehnen begrenzt werden. Durchtretende Nerven- und Gefäßästchen sind auf diese Weise umschlossen. Die Lücken können in abnormen Fällen durch den andrängenden Bauchinhalt erweitert werden: Hernien der Linea alba (sie enthalten meistens Teile des Netzes). Die rautenförmige Öffnung für den Nabelstrang ist durch besondere zirkuläre Fasern ausgeglättet und wird nach der Geburt durch konische Verdickungen des Bindegewebes der Haut verstopft. Bei mangelhafter Entwicklung entstehen Nabelhernien.

Die Aponeurose des Obliquus externus bedeckt neben dem Rektus am unteren Rippenbogen eine Stelle des Obl. internus, die ebenfalls aponeurotisch ist. Der tiefliegende Transversus wird durch die beiden sehnigen Platten hindurch von außen sichtbar, weil seine Wirkung hier die beiden Aponeurosen und die Haut



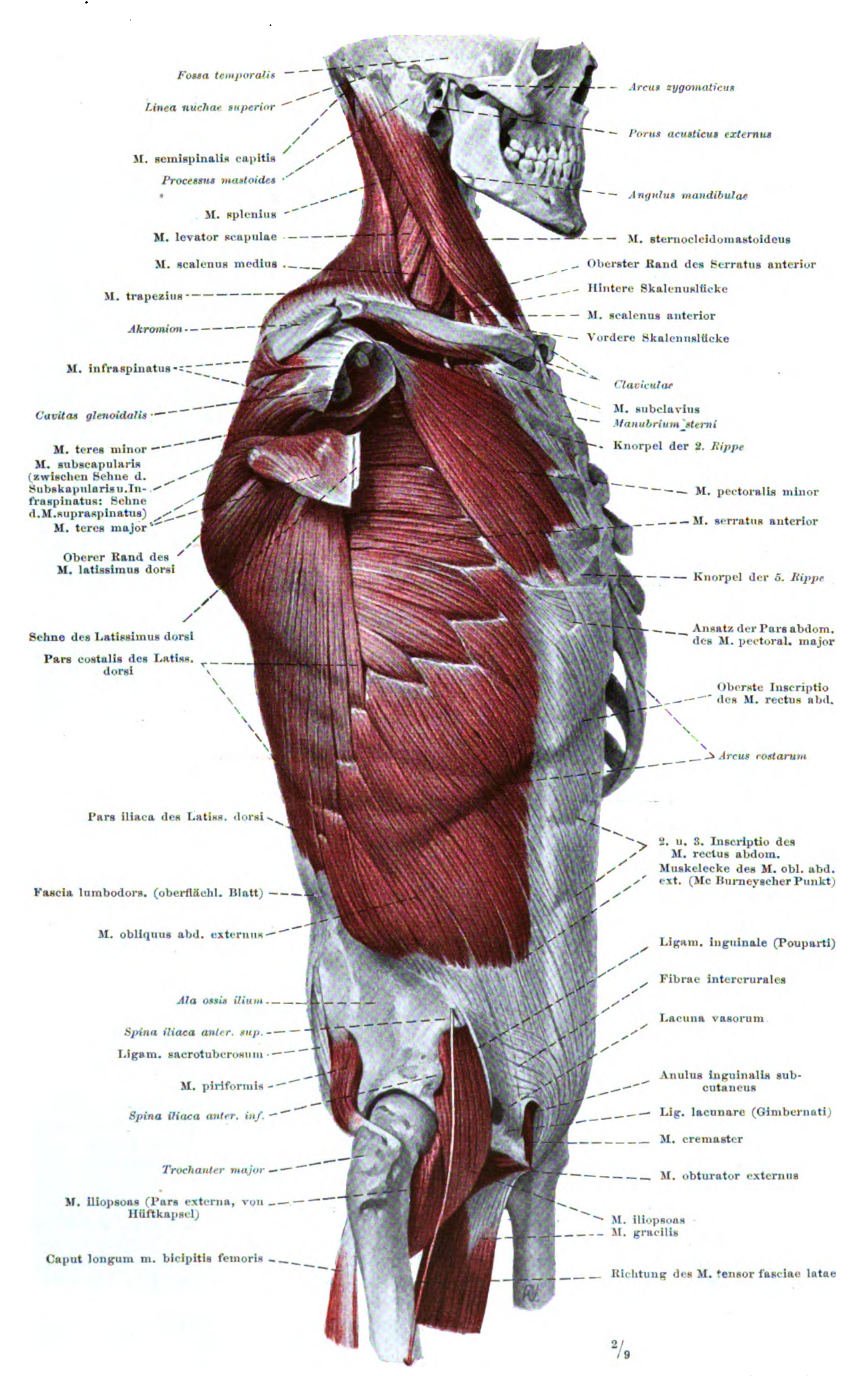


Abb. 103. Rumpf von der Seite, natürliche Abstände der Knochen und natürliche Form der Muskeln (Ansicht ein wenig schräg von vorn, Muskeltorso, siehe reine Seitenansichten, Abb. 90 und 120). Der rechte Humerus ist entfernt; die Muskeln, welche den Humeruskopf umgreifen und am Schaft inserieren, befinden sich in natürlicher Lage und Form, wie wenn der Knochen vorhanden wäre. Die Sehne oberhalb des M. infraspin. gehört zum M. supraspin.

grubenförmig einzuziehen vermag: Unterrippengrübchen (Abb. 98). Es ist von der antiken Plastik besonders hervorgehoben und mit der Stilisierung des Rippenbogens zum oberen Abschluß der Weichen benutzt worden (Abb. 102).

Leistenband und äußere Öffnung des Leistenkanales

Die Leiste ist eine scharfe Kante zwischen Bauch und Oberschenkel, die in der Haut meist als Grenze sichtbar ist (Abb. 100, 101) und stets mit dem Finger getastet werden kann. Bei der Frau besteht äußerlich etwas tiefer eine andere Linie, die Schenkellinie, welche durch die Hebung des Oberschenkels nach vorn bedingt ist, entweder allein oder neben der Leistenlinie vorkommt und nicht mit ihr verwechselt werden darf (Abb. 104). Die Leiste selbst wird wesentlich durch eine Umschlagsfalte der Aponeurose des Obliquus externus bedingt, welche von der Spina iliaca anterior superior zum Tuberculum pubicum verläuft und eng zusammengekniffen ist wie die Umschlagsfalte eines „gesäumten“ Tuches. Es gibt noch besondere Fasern, welche selbständig vom Darmbeinstachel beginnen, innerhalb der Falte der Obliquussehne liegen und sie versteifen. Man nennt diese Sehnen zusammen Leistenband, Ligamentum inguinale (Pouparti, Abb. 107). Außerdem wird die Falte dadurch gefestigt, daß an ihrer unteren Umschlagskante die Schenkelfaszie angeheftet ist. Diese Faszie wird von den seitlichen Bauchmuskeln mitgetragen und auch gegebenenfalls mitgespannt. In der Tiefe ist die Fascia transversalis, an der Oberfläche ist die Fascia superficialis des Bauches mit dem Ligamentum inguinale verbunden; die Ursprungsbündel des Musculus obliquus internus und des Musculus transversus sind an ihrem äußeren Abschnitt befestigt. Alle Teile zusammen wurden oben bereits als „Arcus inguinalis“ definiert; von diesem ist das Leistenband selbst der wichtigste Bestandteil. Nach dem Schambein zu ist die Falte der Obliquusaponeurose nicht so eng zusammengekniffen (Abb. 105, linke Körperseite). Der umgeschlagene Rand steht fast horizontal und heftet sich vom Tuberculum pubicum des Schambeines längs dessen scharfer Oberkante an (Pecten ossis pubis). Man nennt diesen Teil Ligamentum lacunare Gimbernati.

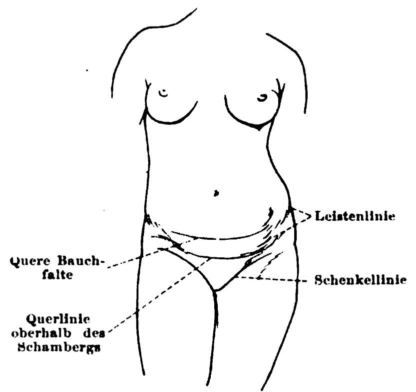


Abb. 104. Leisten- und Schenkellinie der Frau (aus Richet, Anatomie artistique, 1890, S. 188).

Außen vom Rektusrand weichen die untersten Sehnenfasern des Obliquus externus zum Hiatus inguinalis, s. Anulus inguinalis subcutaneus, auseinander (Abb. 105, rechte Körperseite). Die Fasern, welche unterhalb des Hiatus verlaufen und unmittelbar in das Leistenband, speziell das Ligamentum Gimbernati, übergehen, nennt man Crus inferius; die oberhalb verlaufenden Fasern, welche ohne Grenze in die allgemeine Externusaponeurose verstreichen, nennt man Crus superius. Beide Schenkel sind miteinander zusammengeheftet durch Sehnenfasern, welche schräg zu ihnen verlaufen und dadurch verhindern, daß die Schenkel auseinander gedrängt werden. Die rautenförmige Figur ist vergleichbar der Überkreuzung der Sehnenfasern in der Linea alba. In beiden Fällen überkreuzen sich Sehnenfasern von beiden Seiten des Körpers. Beim Hiatus inguinalis des Obliquus externus der einen Seite sind es die Sehnenfasern des gleichen Muskels der anderen Körperseite (speziell von dessen Crus superius), welche so weit vordringen, daß sie den Hiatus überqueren (punktierte Linien). Ob der Zusammenhang ununterbrochen und

genetisch ist oder ob die Wirkung des Muskelzuges der einen Körperseite ihm fremde, entfernte Fasern der anderen Körperseite in die gleiche Richtung zwingt, ist unbekannt. Die Fasern, welche oberflächlich zur Aponeurose des Ob iquus externus der betreffenden Seite verlaufen, grenzen den Hiatus nach außen ab und heißen: Fibrae intercrurales (s. intercolumnares). Diejenigen Fasern, welche in der gleichen Richtung auf der Unterfläche bis zum Ansatzpunkt des Ligamentum Gimbernati verlaufen, sind nur innerhalb des Hiatus von außen sichtbar. Man nennt sie Ligamentum reflexum Collesi (der Name Lig. „reflexum" rührt daher, daß sie scheinbar die Fasern des Ligamentum Gimbernati nach der Linea alba zu fortsetzen). Der Hiatus dient zum Durchtritt des Samenstranges. Er ist die äußere Öffnung des Leistenkanals (siehe diesen). Das Ligamentum Gimbernati und das Ligamentum Collesi formen eine schräg absteigende Rinne, in welcher der Samenstrang eingebettet liegt.

Fascia superficialis abdominis, Fascia subcutanea

Den Musculus obliquus externus bedeckt auf der Vorder- und Hinterfläche je eine Faszie. Die letztere ist gemeinsam mit der vorderen Faszie des Obliquus

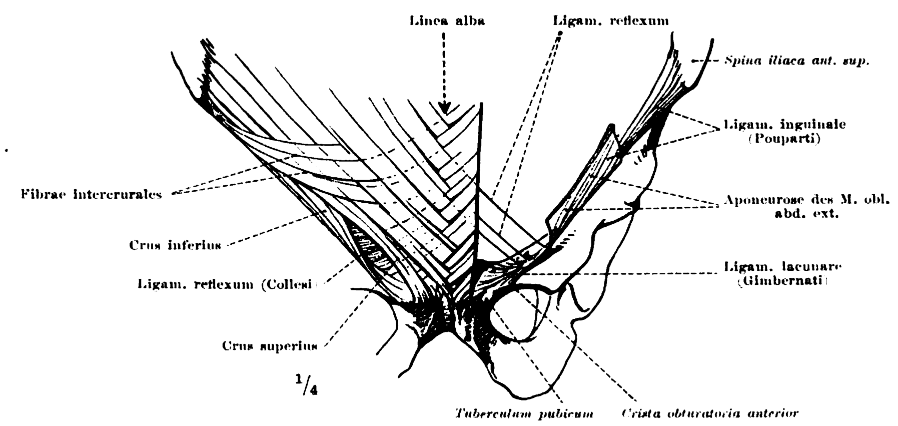


Abb. 105. Aufbau des Leistenbandes und der äußeren Umgrenzung des Leistenkanals, halbschematisch.

internus und bei diesem erwähnt. Die oberflächliche Faszie, Fascia superficialis abdominis, ist eine dicke filzige, mit dem Perimysium externum zusammenhängende Bindegewebsschicht, welche über der Aponeurose dünner und dort mit den Sehnenfasern unverschieblich verwachsen ist. Sie ist reichlich mit elastischen Fasern durchsetzt und sieht deshalb gelbgrau aus. Am Hiatus des Muskels setzt sie sich trichterförmig auf den Samenstrang fort, zusammen mit Sehnenfasern des Muskels selbst. Nur wenn man diese Fasern und die Faszie entfernt, kann man den Hiatus als scharf begrenzte Öffnung künstlich darstellen (Abb. 103). Bei der Palpation am Lebenden fühlt man die scharfen Ränder des Hiatus, weil man mit der Fingerkuppe den Faszientrichter in den Leistenkanal hineindrängt. Die Faszie setzt sich nach unten am Leistenband an.

Mit dem Faszientrichter ist die Fortsetzung des Obliquus externus auf den Samenstrang nicht zu Ende. Es geht von der Spitze des Trichters eine besondere Faserhaut, die Tunica cremasterica, in den Hodensack über (siehe Bd. II, Hüllen des Hodens).

Außer der Fascia superficialis des Musculus obliquus externus gibt es noch eine Faszie, welche zur Haut zu rechnen und besonders unterhalb des Nabels gegen die Muskelfaszie gut abgegrenzt ist. Sie wird manchmal als oberflächliches Blatt der Fascia superficialis bezeichnet. Der Name Fascia subcutanea ist zutreffender. Sie schließt das Unterhautfettgewebe auf seiner Unterfläche ab. Bei sehr fetten Menschen lagert sich in der Unterbauchhaut eine erstaunliche Speckschicht ab

(bis 15 cm Dicke). Die Spalte zwischen Fascia subcutanea und Fascia superficialis der Muskeln enthält nur wenig oder gar kein Fett; in ihr liegen die oberflächlichen Nerven und Gefäße. Bei tiefgehenden Verletzungen oder Inzisionen kann aus diesem Grunde bei fetten Individuen oft jede Blutung ausbleiben. Nach der Linea alba zu blättert sich die Fascia subcutanea in verschiedenen Schichten auf, die sich alle an ihr befestigen. Deshalb wird bei fetten Leuten die Haut längs der Linea alba zu einer besonders tiefen Rinne eingezogen. Auch am Leistenband ist die Fascia subcutanea zugleich mit der Fascia superficialis abdominis befestigt, doch setzen sich oberflächliche Züge auf die Schenkelfaszie fort (Fascia lata).

Wie dicht die Befestigung der beiden Faszien am Leistenband und an der Linea alba sein kann, wird durch pathologische Infiltrationen bewiesen, welche ihren Sitz vor den Bauchmuskeln der einen Körperseite haben, aber von dort weder auf den Schenkel noch auf die andere Körperseite übergreifen. Nur zwischen Symphyse und Tuberculum pubicum am oberen Beckenrand ist eine kleine Lücke, wie Urininfiltrationen des Hodensackes beweisen, welche dahin neigen, in der Bauchwand emporzusteigen.

Bei großen Vierfüßlern mit schweren Eingeweiden (Rind, Elefant) liegt vor den Bauchmuskeln eine dicke elastische Faszie („gelbe Bauchhaut"), welche den Dauerdruck der Eingeweide wie eine Hängematte auffängt und auf Thorax und Becken überträgt; sie hat die intermittierende Wirkung der Atmung durch ihre Elastizität auszugleichen. Sie ist allgemein als die gelbe Haut des gekochten Rindfleisches (Bauchstück) bekannt. Der Mensch hat wegen der aufrechten Körperhaltung nichts Ähnliches.

Eine besondere elastische Fortsetzung der Fascia subcutanea auf das männliche Glied ist das Ligamentum fundiforme penis.

Innervation des Musculus obliquus externus: Th 5—12 (ev. L 1). Blutzufuhr: Wie beim Obliquus internus, außerdem A. thoracolateralis aus der Axillaris.

Musculus rectus abdominis. Neben der Bauchmittellinie bildet jederseits nur ein Muskel die ganze Dicke der Bauchwand (S. 153). Es ist ihm allerdings gegen die Symphyse zu ein kleiner, inkonstanter Muskel vorgelagert (Pyramidalis, siehe unten), der praktisch ohne Bedeutung ist. Statt der Schichtung der seitlichen Bauchmuskulatur herrscht große Einfachheit. Der Rektus ist ein langer platter Muskel von Bandform (Abb. 96, 225). Er beginnt mit fleischigen Zacken etwas verbreitert am Brustkorb und reicht mit seinen Ursprüngen gewöhnlich bis zur 5. Rippe hinauf; die Lage ist thorakoabdominal. Gelegentlich gehen beim Menschen Muskel- oder Sehnenfasern an höher gelegene Rippen. Bei niederen Säugern (Monotremen) reicht er sogar bis zum Schultergürtel. Erst bei den anthropoiden Affen ist die obere Brustkorbhälfte wie beim Menschen für die aufgelagerten Extremitätenmuskeln (Pektoralisgruppe) reserviert. Der Rektus ist (wie auch der Obliquus externus) auf den unteren Thoraxteil beschränkt worden.

M. rectus abdominis (Tab. Nr. 8). Abb. 96, 98, 99, 103, 106, 110, 115, 120, 244, 246, 248, 255

Die Insertion am Becken ist stark verschmälert und auf eine kurze Strecke sehnig. Manche Muskelfasern endigen schon oberhalb des Beckens und unterhalb des Nabels in der Linea alba und tragen mit dazu bei, daß dieser Teil der Linie schmal und kaum vertieft ist. Die Sehnenfasern, welche am Schambein und an dem ihm aufgelagerten Knorpel der Schambeinfuge befestigt sind (Abb. 107), nehmen die vordere Kante des Beckens bis zum Tuberculum pubicum hin ein. Auf der Vorderfläche steigen sich überkreuzende Sehnenfasern beider Rekti vor dem Schambein herab und strahlen in das Aufhängeband des männlichen Gliedes ein (Ligamentum suspensorium penis).

Inscriptiones tendineae

Der Rektus weist außer der ursprünglichen Gesamtform auch noch Zwischensehnen auf: Inscriptiones tendineae; allerdings sind nicht alle erhalten, welche beim Embryo die Myotome voneinander sondern. Am Aufbau des Muskels sind 6—9 oder mehr Myotome beteiligt. Es können fünf Inskriptionen vorkommen, meistens sind es vier oder drei, ausnahmsweise nur zwei oder eine. Sie gehen selten genau quer durch den ganzen Muskel hindurch, meistens gezackt und schräg oder nur durch einen Teil des Muskels, manchmal in treppenförmigen Absätzen (Abb. 96). Auf der Hinterfläche des Muskels sind



sie weniger deutlich als vorn. Die Muskelfasern ziehen von einer Inskription zur nächstfolgenden in der Längsrichtung des Muskels und des ganzen Körpers; sie bewahren die alte Lage, welche ursprünglich alle Muskelfasern in den Myotomen einnehmen (Abb. 5, 6). Der Rektus ist auch in dieser Hinsicht ein äußerst interessantes Relikt historisch einfacher Muskelverhältnisse.

Die Situation ist für die Erhaltung solcher Einrichtungen günstig, weil Skeletteile für die Anheftung von Muskeln fehlen. Es ist aber trotzdem ein erheblicher innerer Umbau des Muskels zustande gekommen, wie aus der Innervation abzulesen ist. Denn das zwischen zwei Inskriptionen eingeschaltete Muskelmaterial ist nicht wie beim Embryo metamer (von einem Spinalnerv versorgt), sondern aus verschiedenen Segmenten gemischt. Die Nervenästchen verflechten sich zu Schlingen, ehe sie in die Hinterfläche und in den lateralen Rand des Muskels eintreten. Es ist also nicht nur ein Verlust von Schaltsehnen eingetreten, sondern auch ein Umbau der vorhandenen Metameren (Pseudometamerie).

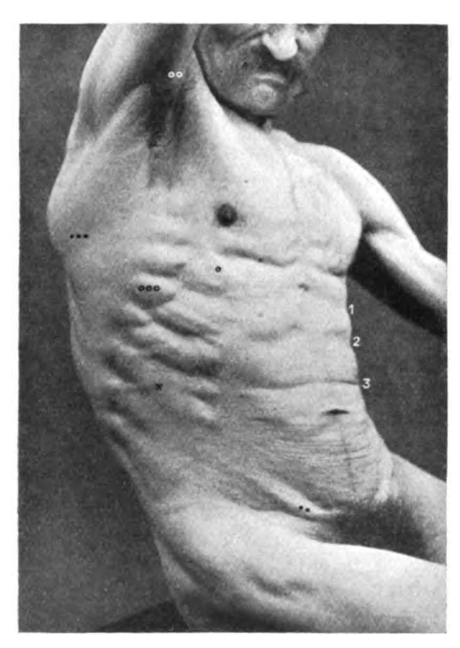


Abb. 106. Vordere Rumpfwand bei zurückgelehntem, durch Kontraktion des Rectus abdominis in der Schwebe gehaltenem Körper (Photographie eines muskelkräftigen, sehr mageren Mannes). o Pars abdominalis des M. pectoralis major. o o M. coracobrachialis und Gefäßnervenbündel der Achselhöhle. o o o 8 Zacken des Serratus anterior. . unterster horizontaler Rand der Pars sternocostalis des M. pectoralis major. .. Austritt des Samenstranges aus dem Leistenkanal. ... M. latissimus dorsi, die Skapula an den Brustkorb andrängend. 1—3 Inscriptiones tendineae m. recti abd.

Die Lage der Zwischensehnen richtet sich einigermaßen nach den Knickpunkten der benachbarten passiven Teile des Bewegungsapparates. Wenn beispielsweise drei Zwischensehnen vorkommen (Abb. 96), so liegt die oberste im Niveau der vordersten Spitze der 8. Rippe, d. h. der ersten abdominalen Rippe, welche als solche keine unmittelbare Verbindung mit dem Brustbein hat. Die zweite liegt im Niveau der ersten Costa fluctuans (Unterrand der 10. Rippe, Ende des Rippenbogens). Die dritte entspricht dem Nabel. Gibt es eine vierte Inskriptio, so liegt sie in der Höhe der Linea Douglasi; doch fehlt gerade diese in den häufigen Fällen mit drei Zwischensehnen. Es scheint, daß der Zug des Transversus an diesen Knickpunkten des Körpers (Abb. 85) konservierend auf die Zwischensehnen wirkt, während alle übrigen zugrunde gehen. Man hüte sich, beim Lebenden den unteren Rand des Pectoralis major mit einer Rektusinskription zu verwechseln (Abb. 106).

Die Zwischensehnen des Rektus sind bis zu 1 cm breit und liegen bei kräftigen Individuen so sehr gegen das Muskelfleisch vertieft, daß sie durch die Haut zu sehen sind (Abb. 106). Da die oberste Inskriptio im Niveau der Spitze des Schwertfortsatzes quer von einem Rippenbogen zum anderen läuft, so ist die Form des unteren Brustausschnittes beim Lebenden nicht wie am Skelett die eines gotischen Spitzbogens, sondern sie ist mehr einem romanischen Rundbogen genähert. Man denke sich in Abb. 96 die spitz zusammenlaufenden Rippenbogen, welche durch die Rekti durchschimmern, da horizontal verbunden, wo die beiden obersten Inskriptionen sie schneiden. Die antike Plastik hat die Rundbogenlinie zum Abschluß des Bauches gegen die Brust besonders hervorgehoben und stilisiert. In der Natur sind die Zustände wechselnd. Es hängt viel davon ab, ob der Schwertfortsatz starr oder beweglich ist und ob er bei dem betreffenden Individuum oberflächlich im Niveau der Haut oder tiefer liegt.

Die einzelnen Abschnitte des Rektus können von manchen Menschen isoliert zur Kontraktion gebracht werden, besonders von hysterischen Personen in unwillkürlicher und dauernder Weise („Phantomtumoren“). Es kommt auch vor, daß solche isolierte Kontraktionen Erkrankungen der Eingeweide begleiten. So ist z. B. der Abschnitt zwischen 1. und 2. Inskriptio vorwiegend vom 8. Brustnerv versorgt, zu dessen Wurzeln die sensiblen Nerven des Magens enge Beziehung haben (Sympathikus). Ein Magenkrebs kann sich dem Arzt früh durch partielle Kontraktion des rechten Rectus abdominis verraten, wenn am Magen selbst noch keine Beschwerden bestehen.

Die Inskriptionen sind mit der Linea alba verankert und deshalb relativ festgestellt. Der Muskel ist im ganzen nicht frei verschieblich, was durch die Muskelinsertion am unteren Teil der Linea alba und noch durch andere Beziehungen zu seiner Umgebung bedingt wird (siehe Rektusscheide). Die Verankerungen mit der Linea alba verhindern speziell ein Auseinanderweichen der beiden Rekti lateralwärts. Nur wenn sie gelockert sind, kann ein Abrutschen der Rekti von der Wölbung des Bauches nach beiden Seiten stattfinden, z. B. wenn ein durch Krankheit geschwächter Mensch sich ohne Hilfe der Arme aus der Rückenlage aufzurichten sucht oder wenn die Bauchpresse durch häufige Schwangerschaft überdehnt ist. Dabei wölben sich die Baucheingeweide zwischen den Rekti vor (Diastase der Musculi recti).

Vagina recti, Adminiculum lineae albae

Die Rektusscheide, Vagina recti, ist ursprünglich eine Faszie und dient auch jetzt als Loge für den Muskel, welche ihn in seiner Lage fixiert (Führung). Sie ist in der bei den schrägen Bauchmuskeln näher beschriebenen Anordnung sehnig umgewandelt. Es gibt nur zwei Stellen, an welchen die Rektusscheide nicht sehnig ist. Beide liegen auf der Hinterseite des Muskels, die eine am oberen Ende, zwischen Muskel und Rippen, die andere am unteren Ende, zwischen Douglasscher Linie und Becken (Abb. 110). Hier wird der Muskel nur von Faszien bedeckt.

Die beiden Seitenränder des Rektus sind mit der Rektusscheide fest verwachsen, ebenso die Zwischensehnen mit dem vorderen Blatt der Scheide. Diese Befestigungen verhindern eine Verschiebung des Rektus im ganzen gegen seine Scheide und unterstützen die Verankerungen der Zwischensehnen mit der Linea alba. Nur durch diese Befestigungen ist es möglich, daß Teile des Rektus für sich allein wirken können; sonst würden sie sich durch die passive Dehnung der nicht innervierten Teile des Muskels ihrer Wirkung selbst berauben. Auf der Hinterfläche des Rektus sind die Inskriptionen nicht mit der Rektusscheide verbunden. Auch überall sonst ist das Perimysium externum des Muskels gegen die Rektusscheide frei verschieblich.

Wie fest der Abschluß ist, beweisen gleichsam experimentell die Ergüsse bei Entzündungen u. dgl.; sie bleiben an der Vorderfläche des Muskels zwischen den Zwischensehnen abgekammert und können Geschwülste vortäuschen. An der Hinterfläche des Muskels ist das nicht möglich. Ein Vordringen von Ergüssen von hinten nach vorn ist ebenfalls behindert; hieraus geht die Dichte der Seitenbefestigung des Muskelrandes hervor. Die Sichtbarkeit der Inskriptionen durch die Haut bei muskulösen, fettarmen Individuen wird dadurch begünstigt, daß die vordere Rektusscheide an die vertieft liegenden Sehnen angelötet und an diesen Stellen selbst etwas in die Tiefe versenkt ist (Abb. 103, 106).

Hinter der Insertion des Rektus am Becken verbreitert sich die Linea alba zu einer ungefähr dreieckigen Platte, welche mit ihren Seitenrändern oft bogenförmig am oberen Rand des Schambeines auf den inneren Leistenring zu ausstrahlt: Adminiculum lineae albae (Abb. 110). Diese aponeurotische Verstärkung der hinteren Rektusfläche ist von der eigentlichen Rektusscheide dadurch unterschieden, daß sie nicht dem Muskel eng anliegt, sondern am Knochen so weit entfernt von der Rektusinsertion befestigt ist, daß zwischen beiden ein mit Fett gefüllter Zwischenraum übrig bleibt. Dieser Raum ist von den beiden Seiten des Adminikulum zugänglich, manchmal aber auch von der



Mitte des Dreiecks, wenn nämlich die seitlichen Bogenfasern hier ganz aus einander weichen (kleines dunkles Dreieck in Abb. 110).

Innervation: Th 7—12, oft Th 6 und L 1, ausnahmsweise Th 4 und 5. Da die Nerven von der lateralen Seite des Muskels mit 12—25 einzelnen Ästchen in den Rand des Muskels selbst oder in seine Hinterfläche eintreten, so wird bei Verletzungen an dieser Stelle um so mehr von den funktionell wichtigen Nerven zerstört, je ausgedehnter die Wunde in der Längsrichtung ist (chirurgischer Lateralschnitt). Werden Stücke des Muskels durch Lähmung der Nerven ausgeschaltet, so können diese dem Zug der nicht gelähmten Teile keinen Widerstand entgegensetzen. Da in solchen Fällen die passiven Befestigungen auf die Dauer meistens nicht genügenden Halt geben, so wird der ganze Muskel überdehnt. Der laterale Rand längs der Mitte des Muskels ist, obgleich die seitlichen Muskeln hier nicht mehr fleischig und die Aponeurosen sehr dünn sind (Abb. 98, linke Körperseite), für große Längsschnitte auch deshalb sehr ungeeignet, weil bei Durchschneidung dieser Sehnen die schrägen Bauchmuskeln still gelegt werden. Es wird also die gesamte Bauchmuskulatur tiefgreifend geschädigt (Bauchbrüche). Blutzufuhr: A. epigastrica sup. und inf. Die Gefäße verlaufen in der Längsrichtung, gerade senkrecht zu den Nervenästchen, die sich der Querrichtung nähern. Für die Vasa epigastrica inf. ist auf der Hinterfläche des Muskels eine Längsrinne im Muskelfleisch ausgespart (Abb. 109). Die Vasa superiora und inferiora anastomosieren in Nabelhöhe (meistens im Innern des Muskelfleisches); dadurch treten die Stromgebiete der A. subclavia und A. iliaca (Hals- und Beckenarterien) in Verbindung. In dem Fett zwischen Adminikulum und Sehne des Rektus liegen Anastomosen zwischen den Aa. epigastricae inferiores der rechten und linken Körperseite.

M. pyramidalis (Tab. Nr. 9), Abb. 98, 107, 246

Musculus pyramidalis. Er zieht von seinem Ursprung am Schambein verschieden hoch an der Linea alba in die Höhe und kann diese spannen, wenn die Rekti erschlafft sind. Ist der Muskel gut ausgebildet, so ist er 7—8 cm lang, oft ist er kleiner bis zu gänzlichem Mangel, dabei häufig rechts und links verschieden ausgebildet. Er ist höchstwahrscheinlich das Rudiment eines bei Kloaken- und Beuteltieren stark entwickelten Muskels, der die Wand des Beutels für die Eier (Schnabeltier) und für die Jungen bildet. Bei Insektenfressern ist der Pyramidalis noch sehr groß, auch beim Menschen reicht er noch in seltenen Fällen bis zum Schwertfortsatz.

Er ist am häufigsten in die vordere Rektusscheide, und zwar zwischen die zu den beiden Obliqui gehörigen Sehnenfasern eingeschlossen. Über andersartiges Verhalten siehe S. 171. Der Rektus besitzt in allen Fällen an seiner Oberfläche eine seichte Vertiefung für den Muskel (Abb. 96). Innervation durch Th 12 oder Th 12 und L 1. Blutzufuhr wie beim unteren Teil des Rektus.

b) Autochthone Bauchmuskeln der hinteren Bauchwand (Tabelle S. 151, Nr. 10).

M. quadratus lumborum (Tab. Nr. 10) Abb. 97, 107, 108, 246, 281

Musculus quadratus lumborum. Er nimmt den rechteckigen Raum zwischen oberem Beckenrand und unterster Rippe ein (Abb. 107) und ist außer an diesen Knochen noch an dem Processus laterales der Lendenwirbel befestigt. Der Muskel steht in engster Beziehung zu der lateralen Gruppe der Musculi intertransversarii des Rückens (Abb. 97, 281). Doch ist bei ihm das metamere Material, welches bei jenen Muskeln noch getrennt ist, verschmolzen. Die Nervenverteilung zeigt zwar Andeutungen der einstigen Metamerie (Abb. 39 b), aber die Muskelzüge sind besonders im Vorderteil des Muskels zu langen Fasern umgebildet, welche direkt vom Becken zur letzten Rippe ziehen und einen breiten Bauch bilden, welcher die Rippe ausgiebiger zu bewegen vermag als kurze Muskeln. Diese Pars ventralis verläuft iliokostal (Abb. 107). Fasert man den Muskel auf, so findet man eine besondere Partie auf der Hinterseite, die Pars dorsalis. Ihre Muskelzüge sind kürzer und gehen vom Becken quer oder schräg zu den Lendenwirbeln: iliotransversal (Abb. 281). Es gibt außerdem häufig eine selbständige Portion im Innern des Muskels: Pars intermedia, welche zwischen den beiden beschriebenen Gruppen eingeschaltet und

versteckt liegt. Nur bei schwacher Entwicklung einer der beiden Außengruppen, z. B. der ventralen, sind die intermediären Züge oberflächlich sichtbar. Sie verlaufen transversokostal und bevorzugen den besonders starken Seitenfortsatz des 3. Lendenwirbels. (Die iliokostalen und transversokostalen Züge

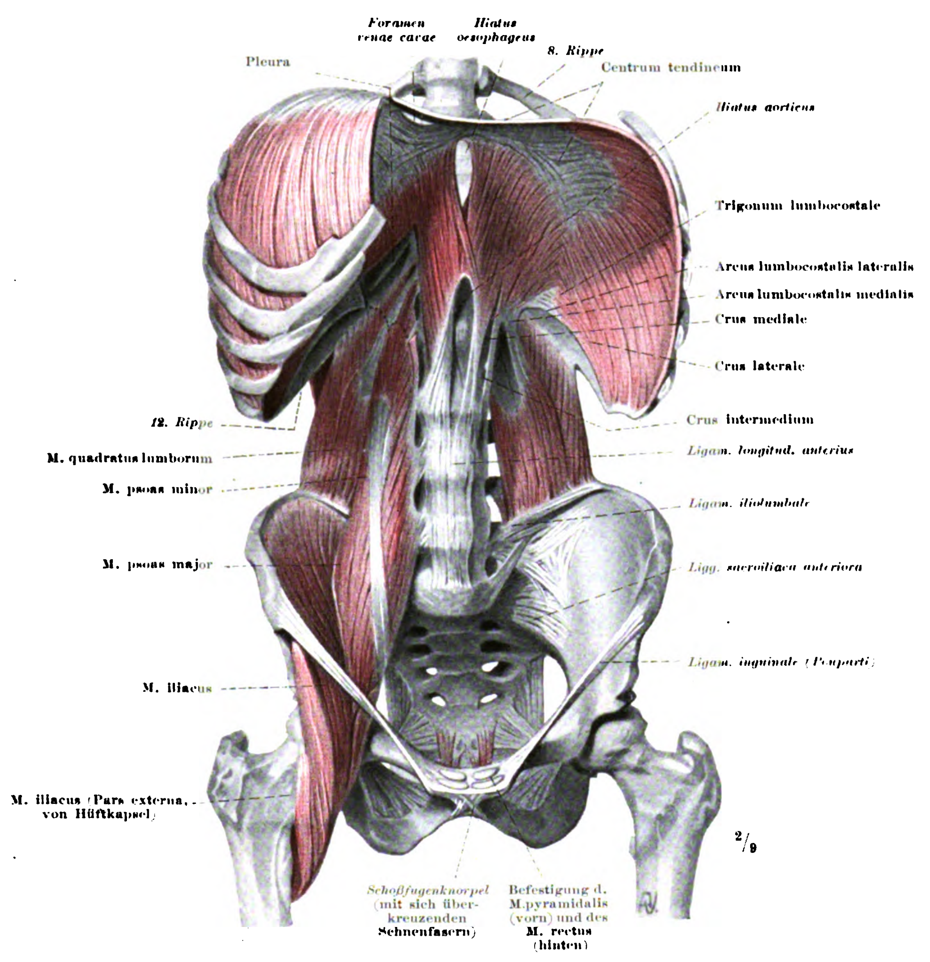


Abb. 107. Hintere Bauchwand und Zwerchfell, natürlicher Abstand der Knochen und natürliche Form der Muskeln (Muskeltorso); man beachte die asymmetrische Form des Beckens und die Abweichung der Symphyse nach der linken Körperseite (gegenüber dem Promontorium). Auf der rechten Körperseite ist ein Stück des Diaphragma oberhalb der Arcus lumbocostalis weggeschnitten (die beiden Arkus punktiert), so daß der Quadratus und Psoas ganz frei liegen. Zwischen Kreuz- und Steißbein der Musc. sacrococcygeus anterior (nicht bezeichnet).

sind in Abb. 246 b durch Pfeile angedeutet.) Der Muskel neigt in allen Teilen zu Irregularitäten.

Der Quadratus liegt mit seiner Hinterfläche auf dem tiefen Blatt der Fascia lumbodorsalis, an welchem der Musculus transversus abdominis entspringt (Ligamentum lumbocostale genannt, Abb. 108). Seine Vorderfläche ist gegen die Bauchhöhle zu von der Fascia lumbalis bedeckt, welche am lateralen Rand des Quadratus mit der Fascia lumbodorsalis zusammenhängt und medial bis zur Lendenwirbelsäule fortgesetzt ist. Sie ist eine dünne Zwischenschicht zwischen dem Quadratus und den Eingeweiden (Niere, Kolon, eingebettet in

subperitonaeales Fett). Eine Stelle der Faszie, an welcher sich das Zwerchfell mit einem Teil seines Ursprungs anheftet, ist zu einem sehnigen Bogen verstärkt (HALLERscher Bogen, siehe Zwerchfell).

Die Beziehung des Quadratus zu den Muskeln von Brust und Hals ist nicht ganz klar gestellt. Er kann als Skalenus des Beckens bezeichnet werden, weil seine Lage zu den Rippenrudimenten und Nerven der Lendenwirbelsäule ähnlich ist wie bei Teilen der Skalenusgruppe am Hals. Von den Mm. subcostales der Brust und den subvertebralen Muskeln des Halses, mit welchen er äußerlich übereinzustimmen scheint, unterscheiden ihn die Lagebeziehungen zu den Lumbalnerven. Diese liegen ventral zum Quadratus und nicht dorsal wie die entsprechenden Spinalnerven zu jenen Muskeln. Der benachbarte M. psoas hat genetisch mit dem Quadratus nichts zu tun; er stammt von der Extremität und ist von dieser aus in den Rumpf eingewandert (trunkopetal).

Innervation: Th 12, L 1 und 2. Der Muskel ist besonders reich an Muskelspindeln (S. 69). Blutzufuhr: A. subcostalis, Aa. lumbales aus Aorta, A. iliolumbalis aus A. hypogastrica.

5. Gemeinsame Wirkung der Bauchwandmuskeln (Bauchpresse).

Schmale (gerade) und breite (schräge) Muskeln

Die bisher geschilderten Bauchmuskeln setzen mit Teilen des Brustkorbes und des Beckens die Bauchwand zusammen. Vorn und seitlich bezeichnet man sie als „weiche Bauchdecke", soweit sie nur aus Muskeln besteht. Die Skeletteile des Brustkorbes und Beckens geben durch ihren Zusammenhang mit der Wirbelsäule der Bauchdecke oben und unten einen Rahmen und halten die Zu- und Austrittspforten der Bauchhöhle offen. Zwischen den beiden Skelettrahmen, den Rippen und dem Brustbein oben und dem Becken unten, hat die Bauchmuskulatur einen beträchtlichen Spielraum für ihre Bewegungen. Dazu kommt noch, daß sowohl der Brustkorb an seinem unteren Rand wie das Becken an seinem oberen Rand je einen großen Ausschnitt besitzen, in welche die Bauchdecke eingefügt ist. Sie ist also nicht nur für die Form und den Inhalt des Bauches an sich, sondern ganz besonders für die Haltung und Bewegung des ganzen Körpers von Bedeutung. Da die Bauchdecke von der Wirbelsäule entfernter liegt als die tiefen Rückenmuskeln, hat sie den Vorteil stärkerer Hebelwirkung, die sie mit Hilfe der Rippen und des Beckens ausübt. Es kommt hinzu, daß die hintere Bauchwand im Quadratus lumborum einen autochthonen Bauchmuskel und im Psoas einen ihr beigesellten Extremitätenmuskel besitzt, welche zusammen den tiefen Rückenmuskeln ganz nahe liegen und deren Wirkungen unmittelbar ergänzen (Abb. 108).

Ich behandle hier nur die zylindrische Wandung des Bauchsackes, nicht seinen Deckel und Boden. Zwerchfell und Beckenboden (die beiden Diaphragmata, Abb. 107 und 235) werden wohl nebenbei berücksichtigt; erst in späteren Kapiteln wird ihre Hauptaufgabe dargestellt werden. Insbesondere sind die Atmungsbewegungen so sehr vom Zwerchfell bedingt, daß sie — obgleich die Bauchdecke eine große Rolle bei ihnen spielt — erst später in einem besonderen Abschnitt behandelt werden sollen. Da aber das Zwerchfell auch an der Lendenwirbelsäule befestigt und seitlich durch die Fascia lumbalis mit dem Quadratus und Psoas verbunden ist, so kann es die Tätigkeit dieser Muskeln unterstützen und auf die Wirbelsäule mitwirken. Diese Tätigkeit des Zwerchfells gehört vorgreifend mit zum Inhalt dieses Kapitels.

Wir können die Muskelkomponenten der Bauchwand in „schmale" (oder „gerade") und „breite" (oder „schräge") Individuen gruppieren. Zu ersteren gehören die Rekti vorn und die Quadrati (und Psoae) hinten, zu letzteren die drei seitlichen Bauchmuskeln. Von ihnen sind die beiderseitigen Transversi gurtartig um den Leibesinhalt herumgelegt und fast ausschließlich für die speziellere Aufgabe benutzt, die Bauchhöhle zu verengern oder zu erweitern. Die beiden schrägen Muskeln unterstützen einmal diese spezielle Aufgabe jederseits, da sie gemeinsam eine dem Transversus entsprechende Resultante erzielen und also in der Gefolgschaft des Transversus bleiben. Andrerseits be-

teiligen sie sich an der generellen Aufgabe der Bauchmuskulatur, den Rumpf zu halten und zu bewegen; in diesem Fall treten sie in die Gefolgschaft der geraden Muskeln, die fast ausschließlich für die letztere Aufgabe reserviert sind. Wir wollen zunächst jede dieser Aufgaben für sich betrachten und wollen analysieren, wie sie durch die genannten Muskeln mittels entsprechender Gruppierung gelöst ist. Zum Schluß wird sich zeigen, daß ein Kompromiß zwischen beiden die Gesamtform des Bauches in jeder Stellung zustande kommen läßt.

Dreiergruppen zur Haltung und Bewegung des Rumpfes

Die aufrechte Stellung des Körpers in Ruhe und Bewegung ist in hohem Maß eine gemeinsame Leistung der Wirbelsäule und der tiefen Rückenmuskulatur (S. 87). Letztere liegt als breites Band jederseits in der dorsalen Nische zwischen Dornen und Rippen resp. Rippenrudimenten. In gleicher

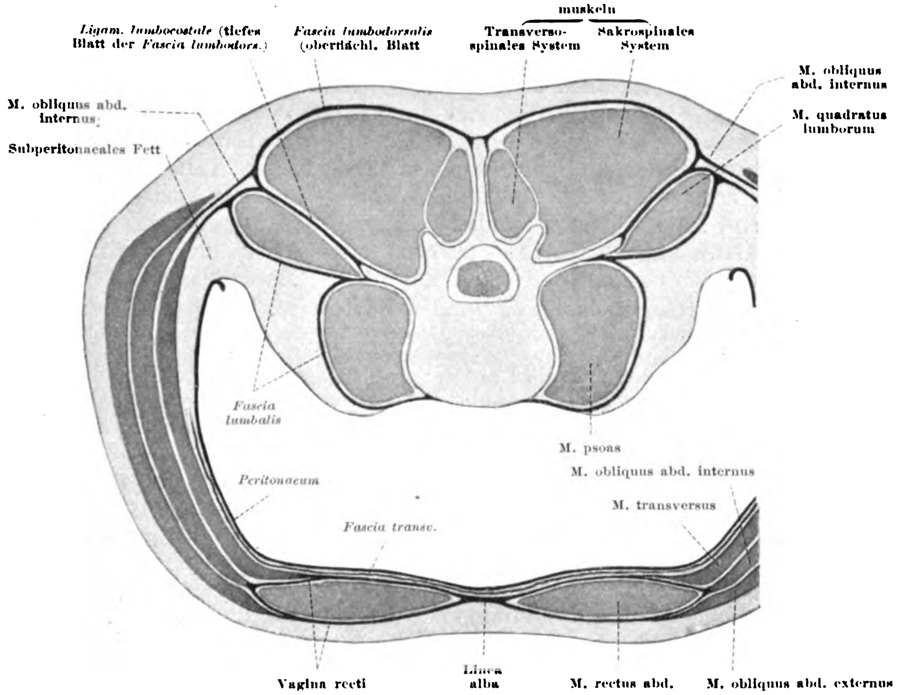


Abb. 108. Rumpfquerschnitt durch den 3. Lendenwirbel (oberhalb Nabel). Nach einem Gefrierschnitt, Faszien und Sehnen halbschematisch.

Breite mit dem sakrospinalen System des Rückens zieht jederseits ventral auf der Lendenwirbelsäule die Quadratus-Psoasgruppe vom Brustkorb abwärts und ebenso in der Bauchdecke der Rektus (Abb. 108, 255). Die Wirbelsäule steht mit allem, was sie zu tragen hat, wie ein Mast zwischen je zwei Dreiergruppen von Muskelbändern, von welchen die oberflächlichen und tiefen Bauchmuskeln zwar einzeln weniger wirksam wären als die dorsalen Muskeln, aber durch Zusammenarbeit und Hebelwirkung letzteren doch die Wage halten. Neigt sich die Wirbelsäule in ihrem beweglichsten Teil, der Lendenpartie, mit der Körperlast nach irgend einer Stelle, so muß auf der einen Seite eine Verkürzung und auf der anderen Seite eine Verlängerung der sechs haltenden Muskelbänder stattfinden. Man sollte erwarten, daß bei Rumpfbeuge nach vorn sich die geraden Bauchmuskeln kontrahieren und die Rückenmuskeln entsprechend nachgeben, bei Rumpfbeuge nach hinten umgekehrt, und daß bei Rumpfbeuge

nach der Seite die dorsalen und ventralen Muskelbänder der einen Körperseite gemeinsam gegen diejenigen der anderen Seite arbeiten. Entscheidend ist jedoch, daß der Körper bei diesen Bewegungen durch seine Schwere wirksam wird, sobald er die labile Gleichgewichtslage der aufrechten Körperhaltung verläßt. Es ergibt sich deshalb das scheinbare Paradoxon, daß die Rumpfbeuge nach vorn in Wirklichkeit durch Rückenmuskeln ausgeführt wird, weil sie allein dem Gewicht des Rumpfes entgegenwirken können. Die geraden Bauchmuskeln geben zur gewollten Rumpfbeuge nach vorn nur den Anstoß und verkürzen sich nur so weit, daß ihre Länge der jeweiligen Stellung angepaßt ist. Die Rückenmuskeln sind also die aktiven Muskeln für die ruhige, aufrechte Stellung, welche durch Vornüberstürzen am meisten gefährdet ist, wie bei den Stehversuchen eines Kindes. In der Ruhestellung ist alles so im labilen Gleichgewicht, daß die Rückenmuskeln und die ebenfalls benötigten Gesäßmuskeln (Glutaeus maximus) schlaff sind. Aber bei der geringsten Störung gleichen sie durch ihre Kontraktion das Übergewicht nach vorn aus. Umgekehrt wird die Rumpfbeuge nach hinten (Extension) durch die geraden Bauchmuskeln ausgeführt und die Rückenmuskeln geben nur den ersten Impuls. Bei der Rumpfbeuge nach der Seite wirken die dorsalen und ventralen Muskeln der gegenüberliegenden Körperhälfte gemeinsam. Dies ist aber alles anders, sobald der Körper aus der Horizontallage (Rücken-, Bauch- oder Seitenlage) in eine dieser Stellungen überzugehen versucht. Dann ist das Körpergewicht mitzuheben; in diesem Falle arbeitet immer diejenige Muskelgruppe, nach welcher die Bewegung hinführt.

Aus der Bettlage richten alle geraden Bauchmuskeln auf (im Verein mit den schrägen Bauchmuskeln, siehe unten). Diese Bewegung ist ohne Zuhilfenahme der Arme schwierig und oft für schwere oder geschwächte Menschen unmöglich. Die volle Wirkung der Rekti und die Lage der Zwischensehnen ist bei ihr am schönsten durch die Haut zu beobachten (Abb. 106). Abnormitäten der Rekti (Diastase) werden sofort sichtbar.

Doppel- oder einseitige Mitarbeit der Obliqui

Die beiden schrägen Bauchmuskeln jeder Seite unterstützen die beiden geraden (Rekti und Quadrati), wenn die rechts- und linksseitigen Muskeln, also alle vier Obliqui gemeinsam wirken. Die Obliqui externi ziehen mit großer Kraft den Brustkorb nach vorn und nähern Brustkorb und Becken einander; die Obliqui interni greifen, wenn die Rumpfbeuge nach vorn im Gange ist, mit dem oberen, aufsteigenden Teil an den Spitzen der unteren Rippen an und ziehen sie nach unten und rückwärts (Abb. 120). Beide Bewegungen knicken den Rumpf nach vorn ein wie ein offenes Taschenmesser; sie sind besonders wichtig in allen Fällen, in welchen dies gegen die Körperschwere geschehen muß (Erheben aus der Horizontallage, Turnen). Bei der Rückneigung des aufrechtstehenden Menschen werden die Rekti, welche das Gegengewicht halten, von den Obliqui externi unterstützt (Abb. 86); die Interni können in diesem Fall nicht mitwirken.

Ganz anderes leisten die schrägen Muskeln, wenn sie beim aufrecht stehenden Körper einseitig benutzt werden. Der Obliquus externus und internus der gleichen Körperseite sind dann Antagonisten und nicht Synergisten wie bei der Rumpfbeuge nach vorn. Bei der einseitigen Aktion kommt die Drehung des Körpers um die eigene Achse zustande (Torsion, Abb. 87). Der rechtsseitige Obliquus externus z. B. dreht die Vorderfläche des Rumpfes nach der linken Seite hinüber (Vornehmen der rechten Schulter) und setzt die Spiralbewegungen fort, die am Rücken vom linken Splenius und von den rechten transversospinalen Muskeln ausgeführt werden kann (Abb. 57). Der rechtsseitige Obliquus internus macht die entgegengesetzte Torsion (Drehung der Vorderfläche des Rumpfes nach der gleichen Körperseite, Zurücknehmen der rechten Schulter). Wirken aber rechter Externus und linker Internus zu-

sammen, so unterstützen sie sich. Bei Drehungen des Körpers ist deshalb meistens auf der einen Seite die oberflächliche schräge Muskulatur, auf der anderen Seite die tiefe gespannt; die anderen Schichten bleiben schlaff. Am Lebenden ist das durch aufmerksame Beobachtung mit Auge und Finger deutlich feststellbar (man vergleiche für die Torsionswirkung der Obliqui die beiden Abbildungen 103 und 120).

Die zweite Aufgabe der Bauchmuskeln, welche hier zu betrachten ist, besteht im Ausgleich des intraabdominalen Druckes. Der von den Baucheingeweiden ausgehende Druck auf die Bauchwand hält gewöhnlich die Wage dem von dem Tonus der Bauchdecken auf die Eingeweide geübten Gegendruck. Gewinnt die Kontraktion der Bauchmuskeln das Übergewicht, so nennen wir das Bauchpresse (Prelum abdominis). Sie tritt in Tätigkeit beim Austreiben von Kot und Urin und wirkt bei der Frau mit bei der Geburt des Kindes. Für die Bauchpresse wirken diejenigen Abschnitte der weichen Bauchdecken, welche in die Bauchausschnitte des Brustkorbes und Beckens hineingreifen, um so mehr, je mehr sie dadurch an Fläche gewinnen. Die Reduktion der unteren Rippen und des Brustbeines und die Form der ventralen Beckenabschnitte steht in engster Beziehung zur Länge der Muskelfasern in der Bauchdecke und dient deren Doppelaufgabe (Bewegung des Körpers im allgemeinen und der Bauchpresse im speziellen). **Wirkung auf den Bauchinhalt (Bauchpresse)**

Bei der Wirkung der Bauchdecke als Bauchpresse kommt es darauf an, wie sich die übrigen Wände der Bauchhöhle verhalten. Gibt die hintere Fläche der zylindrischen Bauchwand nach oder tun dies die beiden Verschlußmembranen (oberes und unteres Diaphragma), so ist die Wirkung der Bauchdecke ergebnislos. Das obere Diaphragma (Zwerchfell) ist viel schwächer als die Bauchdeckenmuskeln. Eine wirklich volle Ausnützung der Bauchpresse kommt deshalb erst zustande, wenn die Atemluft durch Sperrung der Stimmritze in den Lungen zurückgehalten wird. Die Lungen geben dann wie aufgeblasene Luftkissen dem Zwerchfell einen zwar elastischen, aber ausreichenden Widerhalt. Sie sind am wirksamsten bei nicht zu starker Füllung, weil das Moment der Bauchmuskeln dann geringer ist. Das untere Diaphragma (Beckenboden, Abb. 235) wird besonders reguliert, indem die Muskeln des Afters oder der Harn- und Geschlechtsorgane jedesmal diejenige Pforte öffnen und offenhalten, durch welche der ausgetriebene Bauchinhalt passieren soll. Die hintere Bauchwand kann die Bauchpresse durch Vorwärtsbewegung der Lendenwirbelsäule unterstützen (auch das Beugen des Rumpfes im ganzen befördert ihre Kraft). Die Faktoren, welche zusammenarbeiten, um als „Bauch"presse zu wirken, sind also oft über den Rumpf weit verstreut. Die Bezeichnung darf nur auf das Objekt der Wirkung (Bauch), nicht auf den Sitz der wirkenden Kräfte bezogen werden.

Gibt das Zwerchfell nach, so können die Muskeln der Bauchdecken auf den Inhalt der Brusthöhle wirken. Dies wird bei den Atmungsbewegungen beschrieben werden. Mit der „Bauch"presse hat dies nach unserer Definition nichts zu tun.

Die Art von Druck und Gegendruck des Bauchinhalts und der Bauchdecke bedarf noch einer Betrachtung. Da die Baucheingeweide verschieblich sind, so findet wie in Flüssigkeiten nach hydrostatischen Gesetzen eine gleichmäßige Verteilung des allgemeinen intraabdominalen Druckes innerhalb der Bauchhöhle statt. Es kommt hinzu, daß das Gewicht der Baucheingeweide von der Bauchwand mit zu tragen ist. Deshalb ruht bei aufrechter Körperhaltung auf allen Punkten eines jeden Horizontalniveaus die gleiche Last, aber die verschiedenen Horizonte sind von oben nach unten zunehmend belastet. Beim Vierfüßler und bei der Rumpfbeuge des Menschen nach vorn hat die weiche Bauchdecke im ganzen eine erhöhte Belastung zu tragen. Die Bauchdecken haben deshalb bei aufrechter Haltung die Tendenz, sich unterhalb des Nabels stärker vorzuwölben als oberhalb. Bei vorgebeugtem Körper und beim Vierfüßler sind sie gleichmäßiger beansprucht. Der Transversus abdominis wirkt dieser Belastung entgegen und überträgt sie auf den Brustkorb, das Leistenband und das Becken. In der unteren Partie der Bauchwand sind die Fasern der beiden schrägen Bauchmuskeln gleich gerichtet und fahren im schrägen Bogen **Verschiedenheiten bei Quadrupeden und Bipeden**

so vor dem Rektus herum, daß sie unterhalb der DOUGLASschen Linie besonders kräftig den Bauch zurücknehmen und den Transversus unterstützen können. Hierin liegt der Vorteil der Struktur der Rektusscheide und der Ausrichtung der Muskelfasern in den breiten Bauchmuskeln für unseren Organismus. Es sind die Rekti kaum beteiligt; sie sind stets für die Bewegungen des Rumpfes bereit.

Beim Vierfüßler wirken die Rekti wie Traggurten in der Längsrichtung des Körpers unter automatischer Beihilfe der oberflächlichen „gelben" Bauchfaszie. Bei der aufrechten Körperhaltung werden dagegen die Rekti möglichst ausgeschaltet, weil sonst die Hebung des Thorax bei der Atmung eingeschränkt wäre. Die breiten Bauchmuskeln sind weiter hinten an den Rippen befestigt und ziehen sie deshalb weniger nach unten, als es die Rekti tun würden. Die Mittelstellung des Brustkorbes (S. 161) wird durch elastisches Federn der Skeletteile bedingt und reicht aus, um die Längsspannung der Bauchdecken auszugleichen.

Der intraabdominale Druck ist sehr wechselnder Art, je nach dem Füllungszustand der Baucheingeweide. Er kann höher sein als der Atmosphärendruck, also positiv, kann aber bis Null und tiefer sinken. Die dehnbare Bauchdecke erleichtert die Aufnahme größerer Nahrungsmengen in einer Mahlzeit, deren Verdauung dann allmählich erfolgen kann. Tritt die Bauchpresse in Kraft, so können die oft mit Gasen gefüllten Eingeweide komprimiert und die Blutmengen innerhalb der großen Bauchgefäße weggedrängt werden. Zirkulationsstörungen und nicht unbeträchtliche Spannungen der Bauchdecke begleiten auch die Blähungen und das Aufstoßen.

Durch die Bauchwandmuskeln kann man ohne äußere Hilfe die Eingeweide aktiv massieren, namentlich wenn die einzelnen Teile der Rekti sukzessive innerviert werden. Durch Übung ist ein wellenförmig fortschreitendes Einschnüren der gesamten Bauchdecke zu erreichen.

Die einzelnen Bauchwandmuskeln müssen die beiden Aufgaben, denen sie dienen, so vereinigen, daß ihre Flächen die Berührung miteinander nicht verlieren. Rektus und Obliquus externus suchen sich bei der Rumpfbeuge nach vorn in den kürzesten Weg zwischen der unteren Brustkorbhälfte und dem Schambein einzustellen. Die Rektusscheide unter dem Einfluß der breiten Muskeln, besonders des Transversus, welche dem intraabdominellen Druck entgegenwirken, ist dem im Wege. Denn sie beschreibt einen flachen Längsbogen, dessen Konvexität nach der Wirbelsäule zu gerichtet ist (Abb. 85). Diesen Weg nehmen notgedrungen auch der Rektus und Obliquus; sie paralysieren deshalb einen Teil der Kraft der anderen Muskeln, welche jene in ihrer nach innen konvexen Lage erhalten müssen. Die Folge ist, daß die Bauchdecke nach innen eingezogen wird, und zwar mit bestimmten Knickstellen, an welchen der Rektus aponeurotisch bleibt, während sonst die Zwischensehnen verloren gingen. Die Haut schiebt sich an diesen Stellen zusammen. Die Hauptquerfalte liegt in Nabelhöhe; sie ist als feine Linie der Haut auch in jeder anderen Stellung angedeutet. Nebenfalten bilden sich manchmal oberhalb des Nabels. Bei Rumpfbeuge nach der Seite liegt die Hauptknickung seitlich in der Höhe der DOUGLASschen Linie (unterste Inskriptio des Rektus).

Die Form des Bauches als Folge der Muskelaufgaben

Einem ähnlichen Kompromiß verdankt der ganze Bauch seine Form. Auf einem Querschnitt ist er in den Weichen am stärksten gekrümmt; die vordere Bauchwand ist viel flacher (Abb. 108). Der Bauchsack ist also von vorn nach hinten stark abgeplattet; außerdem ist er durch die Wirbelsäule eingeengt, die von hinten weit in das Innere vorspringt. Das Ganze ist darauf abgestimmt, daß der intraabdominale Druck in der seitlichen Bauchwand (Weiche) weniger Widerstand findet als vorn. Der seitliche Kontur ist im einzelnen beeinflußt durch den individuellen Zustand der breiten Muskeln. Eine leichte Einziehung besteht meistens an den untersten Rippen (Abb. 100). Es ist die Stelle, an welcher der Transversus unter den Rippen herauskommt (Abb. 90); sie ist durch alle Schichten und die Haut hindurch sichtbar. Nach unten zu ist bei kräftigem Obliquus externus sein Weichenwulst für den Seitenkontur maßgebend (Abb. 100).

Der Abstand des obersten Punktes des Darmbeinkammes, welcher sich unter dem Weichenwulst verbirgt (Abb. 103, 281), von der nächsten Rippe (11.) beträgt durchschnittlich knapp 5 cm, schwankt aber zwischen 3 und 7 cm. Der Nabel steht ungefähr in der Mitte zwischen Spitze des Schwertfortsatzes und Schambein, bei der Frau durchschnittlich etwas höher als beim Mann, wechselt aber bei beiden Geschlechtern in seiner Lage individuell nicht unbeträchtlich.

Alle Formbeziehungen der Bauchdecke wechseln bei den Bewegungen des Körpers. Immer ist maßgebend für die jeweilige Form der Ausgleich, welcher zwischen den Bewegungseinflüssen auf das Skelett und dem Gegendruck auf den Bauchinhalt statthat.

Einschnüren der „Taille" durch Korsett oder Leibriemen (Hosengurt) verändert den weichen Kontur des Bauches total. Die unteren Rippen werden nach innen gedrängt; die künstliche Schnürfurche ist breiter und reicht höher hinauf als die leichte Einziehung des normalen Körperkonturs, die außerdem nie nach vorn eine Fortsetzung hat. Die schädlichen Folgen der Schnürfurche für Atmung und Baucheingeweide werden später erwähnt werden. Die „Taille" wird bei der Frau durch die ihr eigene Fettauflagerung im Weichenwulst betont. Es ist auch ohne die Vertiefung, welche durch den Einfluß der Kleidung entsteht, lediglich durch jene Überhöhung, die den Hautüberzug und nicht den Skelettmuskelapparat angeht, möglich, daß der Seitenkontur des Bauches eingezogen erscheint. Die deutschen Maler des Mittelalters haben diese Geigenform des Konturs bei der Frau besonders gern wiedergegeben.

6. Leistenkanal und innere Schenkelpforte.

Beziehung zu den Hernien

Der Leistenkanal, Canalis inguinalis, gehört seiner ganzen Länge nach und mit beiden Öffnungen zur Bauchwand. Vom Schenkelkanal, Canalis femoralis, hat nur die innere Öffnung, Anulus femoralis, Beziehungen zur Bauchhöhle und zu den geschilderten Teilen der Bauchwandung. Bei der großen Bedeutung beider Kanäle für das Verständnis zahlreicher normal- und pathologisch-anatomischer Beziehungen der Eingeweide zur Bauchwand (insbesondere für die Lehre von den „Brüchen", Hernien) ist hier das wichtigste über ihren Bau und ihre Lage zusammengestellt. Es kommt auf eine Zusammenfassung zu einem Gesamtbilde an; manche Erklärung für die Details ist bei den einzelnen Bauchmuskeln in den vorhergehenden Abschnitten nachzusehen. Es ist leider nicht zu umgehen, zahlreiche Fachausdrücke aufzuführen, um das Nachschlagen für praktische Zwecke zu ermöglichen. Der Anfänger möge sich daran nicht stoßen, sondern vor allem auf die Sache achten. Sie ist weniger kompliziert als die vielen Bezeichnungen.

Beide „Kanäle" tragen ihren Namen insofern mit Unrecht als sie beim normalen Menschen kein Lumen besitzen. Es sind schwachwandige Stellen (Loci minoris resistentiae), welche in einer ganz bestimmten Richtung und Begrenzung die Wege vorbilden, den irgend welche Gewalten wählen, welche Bresche in die geschlossene Bauchwand zu legen vermögen (Darmschlingen, Eiteransammlungen usw.). Die „Kanäle" sind also in der Norm nur potentiell vorhanden. Die aufrechte Stellung des Menschen ist die Ursache dafür, daß die potentiellen Kanäle, welche ganz unabhängig von dieser Stellung entstanden sind, zu schwachen Punkten und — in pathologischen Fällen — zu wirklichen Kanälen werden. Die „Brüche" sind spezifisch menschliche Erkrankungen.

Anulus inguinalis abdominalis, Foveae inguinales

Den Leistenkanal benutzt in der Norm der männliche Hode während des intrauterinen Lebens, um in den Hodensack hinabzusteigen. Hinter ihm schließt sich der Kanal wieder, enthält aber Verbindungen des Hodens mit dem Bauchinnern, welche dieses Organ wie ein Kabel nach sich zieht (Samenstrang, Abb. 98). Es gehören dazu auch bestimmte Fortsetzungen der Bauchwand



selbst auf den Samenstrang, nämlich ein trichterförmiger Fortsatz der Fascia superficialis des Obliquus abdominis externus und ein ebensolcher der Fascia transversalis auf der Hinterseite des Transversus. Beide Faszientrichter sind mit der Spitze nach außen gerichtet und so ineinander gesteckt, daß die Ränder der Trichter an der Bauchwand und die Spitzen am Samenstrang angewachsen sind. Es ist nicht möglich zwischen Wand des Leistenkanals und Samenstrang durchzukommen, ohne diese Faszientrichter zu sprengen. Der Descensus testiculi ist ein normales Vorbild für die atypische Bresche, welche etwa ein Bruch an dieser Stelle hervorzubringen vermag (äußerer Leistenbruch, siehe unten).

Der Leistenkanal liegt oberhalb des Leistenbandes (Abb. 110, gebogener Pfeil). Er ist ungefähr 4 cm lang, beim Weib etwas länger. Seine beiden Enden heißen äußerer und innerer Leistenring, Anulus inguinalis subcutaneus s. externus und Anulus inguinalis abdominalis s. internus. Die relativ große Länge des Leistenkanals gegenüber der Muskelschicht der Bauchdecke, die an der betreffenden Stelle nicht mehr als 6—7 mm dick ist, erklärt sich durch den schrägen Verlauf des Kanals. Der innere Leistenring liegt oberhalb der Mitte des Leistenbandes und der äußere nur $1^1/_4$ cm lateral und oberhalb seines Ansatzes am Tuberculum pubicum. Der Winkel, den die Achse des Kanals mit dem Leistenband bildet, beträgt 15°. Die innere Öffnung des Leistenkanals, die wie der Kanal selbst auch nur potentia existiert, ist auf der Innenfläche der Bauchwand an folgendem zu erkennen (Abb. 109). Es existieren im Bauchfell drei Grübchen auf jeder Körperseite, die individuell sehr verschieden deutlich sind. Man kann sie nach Falten des Bauchfells bestimmen, welche die Grübchen gegeneinander begrenzen und welche bei zweckentsprechender Lagerung der Bauchwand nicht zu verkennen sind. Eine unpaare Falte liegt in der Bauchmittellinie: Plica umbilicalis media (sie enthält Reste des Urachus, Ligamentum umbilicale medium); ferner zwei seitlich von der Blase aufsteigende und mit der ersteren früher oder später zum Nabel zusammentretende Falten: Plicae umbilicales laterales (sie enthalten Reste der Nabelarterien, Ligg. umb. lat.). Zwischen diesen Falten liegen die Foveae supravesicales. Es gibt noch ein äußeres Faltenpaar: Plicae epigastricae (sie enthalten die Gefäße gleichen Namens, welche das Blut zur unteren Bauchwand leiten und weiter oben in eine Längsfurche des Rectus abdominis eingelagert sind). Zwischen den Plicae umbilicales laterales und Plicae epigastricae liegen die Foveae inguinales mediales und außen von den Plicae epigastricae die Foveae inguinales laterales. Diese letzteren, also die äußeren Leistengrübchen entsprechen dem Anulus inguinalis abdominalis. Man erkennt dies auch daran, daß an dieser Stelle der Samenleiter, Ductus deferens, durch das Bauchfell sichtbar oder mindestens auf dem Beckenknochen tastbar ist; er läuft bis zum hinteren unteren Pol der Harnblase, wo der Samen in die Harnröhre mündet.

Der Ductus deferens ist der wichtigste Bestandteil des Samenstranges. Außer ihm gehören zu letzterem noch Gefäße (Vasa spermatica interna), welche sich am inneren Leistenring mit ihm vereinigen. Der Treffpunkt aller Bestandteile des Samenstranges liegt lateral von der Plica epigastrica; er wird von den Vasa epigastrica inferiora in der Falte über der Mitte des Leistenbandes festgehalten (Abb. 98). Die Erklärung ergibt sich aus dem Descensus testiculi (siehe Bd. II. Geschlechtsorgane).

Die beiden anderen Grübchen, Fovea inguinalis medialis und Fovea supravesicalis, spielen in der Bruchlehre ebenfalls eine Rolle, das erstere sogar eine noch wichtigere als das äußere Leistengrübchen. Brüche entstehen durch das Vordringen abnorm beweglicher Darmschlingen, welche das Bauchfell zu einem Blindsack ausstülpen und vor sich herdrängen (Bruchsack). Die äußeren oder indirekten Leistenbrüche benutzen den Leistenkanal seiner ganzen Länge nach, drängen also

das Bauchfell in der Fovea inguinalis lateralis vor sich her. Die inneren oder direkten Leistenbrüche kürzen diesen relativ langen Weg dadurch ab, daß sie den äußeren Leistenring möglichst senkrecht zur Fläche der Bauchwand zu erreichen suchen (direkt, d. h. quer durch die Bauchwand hindurch). Sie stülpen entweder die Fovea inguinalis medialis oder (sehr selten) die Fovea supravesicalis vor und wandeln sie zum Bruchsack um. Der Bruchsack beginnt also bei den äußeren Leistenbrüchen lateral von der Plica epigastrica, bei den inneren Leistenbrüchen medial von ihr. Diese Lage zu den Blutgefäßen ist sehr charakteristisch. Die angeborenen Brüche passieren den gleichen Weg wie der Hode, ehe sich der Kanal für diesen geschlossen hat. Es sind äußere Brüche, aber ohne Bruchsack. Wegen

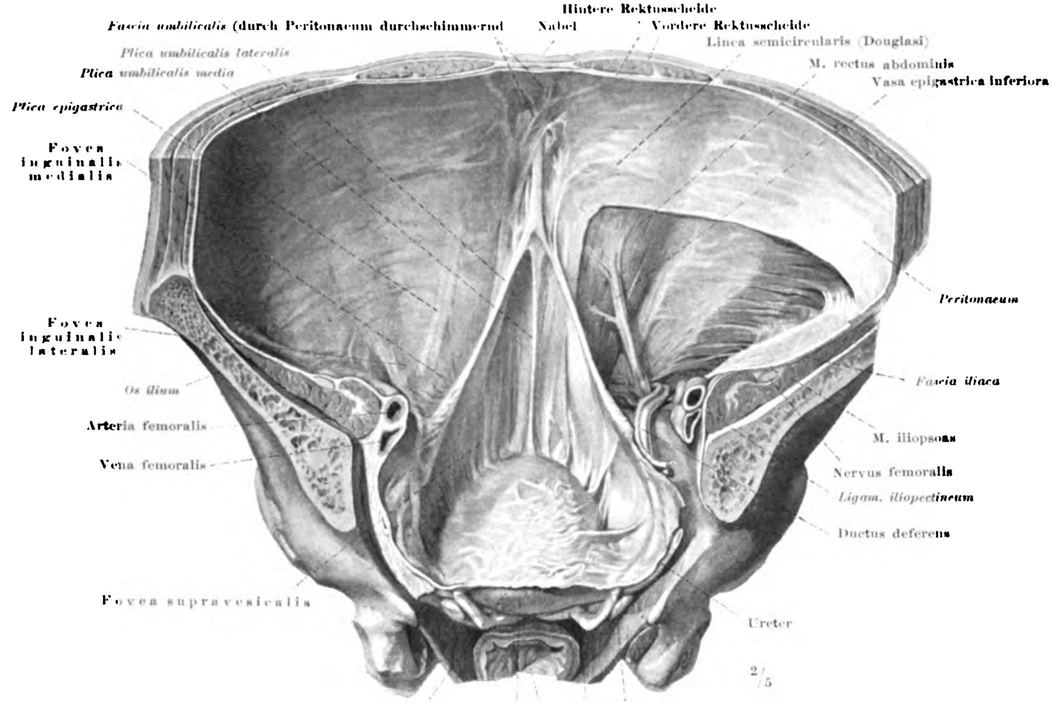


Abb. 109. Bauchwand eines Mannes von innen. Querschnitt durch die Bauchdecke in Nabelhöhe. Das Becken ist frontal durchsägt, die hintere Wand mit dem Mastdarm entfernt. Nur das anale Ende des letzteren ist stehen geblieben. Das Peritonaeum ist erhalten bis auf ein großes Fenster, welches rechts ausgeschnitten ist. Innerhalb des Fensters ist auch die Fascia transversalis entfernt. Links schimmert der Ductus deferens durch das Bauchfell hindurch, rechts teilweise freigelegt.

der übrigen Charaktere der beiden Brucharten muß auf die klinischen Lehrbücher verwiesen werden.

Wände des Leistenkanals, Leistenbrüche

Entfernt man das Bauchfell und die Fascia transversalis von der hinteren Bauchwand, so wird künstlich der innere Leistenring begrenzt. Denn es wird dabei der trichterförmige Fortsatz der Fascia transveralis an seinem Rande durchschnitten (NUHNscher Faszientrichter). Am deutlichsten liegt der künstliche Rand zutage, wenn auch der übrige Inhalt des Leistenkanals (Samenstrang) ausgeräumt wird (Abb. 110). Jetzt sieht man wirklich eine Öffnung, Hiatus, welche schräg von lateral nach medial und vorn in die Bauchdecke hineinführt. Sie ist häufig, außer von dem Faserring, Anulus inguinalis abdominalis, noch von einem besonderen Verstärkungszug begrenzt, welcher ebenfalls zur Fascia transversalis gehört. Es ist der Tractus iliopubicus (S. 168), welcher schräg lateral vom Hiatus liegt. Nach oben ist der Faserring meist sehr zart



und unvollständig. Der künstliche Schlitz ist dort oft direkt vom Muskelfleisch des Transversus abdominis gebildet.

Der Weg des Samenstranges vom inneren zum äußeren Leistenring geht schräg von lateral innen nach medial außen durch die Bauchdecke hindurch (Abb. 98). Wir haben die Wände des Leistenkanals auf diesem Wege zu definieren. Die hintere Wand fassen wir zuerst ins Auge, weil sie unmittelbar an den oben beschriebenen inneren Leistenring anschließt. Die Vasa epigastrica inferiora, welche bekanntlich den Inhalt der Falte gleichen Namens bilden, laufen innen von einem Muskel- und Faszienzug in die Höhe: Musculus interfoveolaris und Ligamentum interfoveolare (auch HESSELBACHsches Band genannt). Beide unterscheiden sich durch ihre Lage zum Tractus iliopubicus (S. 168). Sie sind wechselnd in ihrem Vorkommen und selten gleichzeitig vorhanden. Sie stellen Verstärkungszüge der hinteren Wand des Leistenkanals dar. Es folgt nach der Bauchmitte zu eine verdünnte Stelle, welche der Fovea inguinalis medialis entspricht, und weiter medial ein Verstärkungszug längs dem lateralen Rand des Rektus; Falx aponeurotica (Abb. 110). Von außen sieht man im Leistenkanal das Ligamentum Collesi (reflexum, Abb. 105, linke Bildseite), welches vor der Falx die Hinter-

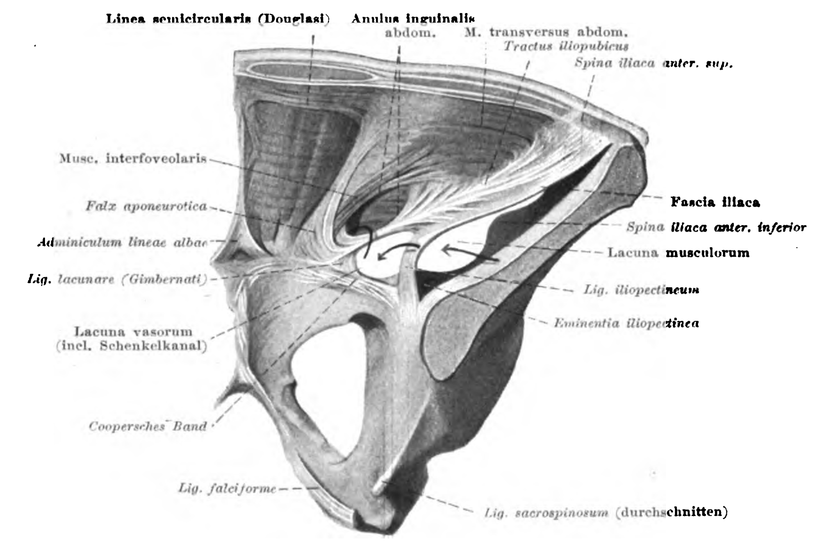


Abb. 110. Bauchwand von innen (vgl. Abb. 109). Das Bauchfell und der Inhalt des Beckens und der Kanäle entfernt. Die innere Öffnung des Leistenkanales etwas schematisiert.

wand austapeziert. Die untere Wand des Kanals wird vom Leistenband gebildet, welches mit seinem umgebogenen Teil, dem GIMBERNATschen Band, den Samenstrang in einer seichten Rinne umfaßt (Abb. 105, rechte Bildseite). Das Ligamentum Collesi vervollständigt die Rinne nach hinten und setzt sie in die Hinterwand des Kanals fort. Die vordere Wand besteht lediglich aus der Aponeurose des Musculus obliquus abdominis externus und aus deren Verstärkungszügen (Crura inguinalia und Fibrae intercrurales, Abb. 105). Der Mangel an Muskelfleisch an dieser Stelle bedingt hauptsächlich die Schwäche der Bauchwand im Bereich des Leistenkanals. Das Muskelfleisch des Musculus obliquus abdominis externus endigt weiter lateral (an der „Muskelecke"); dasjenige des Musculus obliquus abdominis internus und Musculus transversus zieht über den Leistenkanal hinüber; nur die obere Wand des Kanals wird von diesen Muskeln und vom Kremaster gebildet oder bei besonderem Hochstand der Muskelränder gar nicht von ihnen erreicht. Der Kremaster löst sich von ihnen ab und schließt sich dem Samenstrang an (Abb. 98).

Bei Leistenbrüchen wird die an sich schwache Stelle der Bauchwand gedehnt und weiter geschwächt. Die BASSINIsche Operation versucht das Übel an der Wurzel zu packen; bei ihr wird der Samenstrang so verlagert, daß er vom inneren Leistenring nicht schräg, sondern quer geradeaus durch die Bauchwand hindurchgeht. Meistens läßt sich dann der wulstige untere Rand des Musculus obliquus abdominis internus und des Musculus transversus abd. bis zum Leistenband und Beckenrand

hinabziehen und mit diesen zu einer Plombe vernähen, welche dem Druck gelockerter und der Schwere folgender Eingeweideschlingen widersteht (bei Hochstand der Muskelränder wird der bei Leistenbrüchen stark ausgebildete Kremaster benutzt um die Lücke zu decken). Der Samenstrang liegt vor der Muskelplombe, welche jetzt das sonst muskelfreie Dreieck zwischen dem Leistenband und dem Dach des Leistenkanals ausfüllt; seine Lage zur Aponeurose des Musculus obliquus externus bleibt unverändert. Durch diese künstliche Korrektur der Lage des Muskelfleisches wird die wesentlichste Ursache des Punctum minoris resistentiae scharf beleuchtet. Es gibt noch andere akzidentelle Momente für die Schwäche der Bauchwand und die Entstehung der Brüche, welche hier nicht zu erörtern sind. Ausgelöst wird die Nachgiebigkeit der Bauchwand durch die veränderte Belastung, welche diese Stelle beim aufrechten Stehen des Menschen trifft (S. 189).

Anulus inguinalis abdominalis

Die äußere Öffnung des Leistenkanals (Abb. 99) ist beim Mann durch die Haut hindurch leicht zu fühlen, wenn man den Finger vor dem Samenstrang nach oben führt, den Nagel an der richtigen Stelle eindrückt und mit der Fingerspitze die Haut des Hodensackes einstülpt. Beim Manne hat unter normalen Verhältnissen die Fingerspitze in der dreieckig schlitzartigen Öffnung gerade Platz. Die Fingerkuppe drängt dabei den äußeren Faszientrichter (Fascia superficialis) in den Leistenkanal hinein. Trägt man die Fascia superficialis und die Sehnenfasern ab, welche vom Musculus obliquus abdominis externus auf den Faszientrichter übergehen, so wird künstlich der Anulus inguinalis subcutaneus als scharfer Faserrand geschaffen, der nach oben vom Crus superius, nach unten vom Crus inferius begrenzt wird und innen unten, nach dem Tuberculum pubicum zu verstreicht. Lateral oben ist der Anulus spitzwinkelig zusammengekniffen, weil die beiden Krura hier durch die Fibrae intercrurales fest aneinander geheftet sind (Abb. 105). Der Hiatus ist deshalb dreieckig und steht mit der Basis nach innen unten; er wird deutlich, wenn der Leistenkanal ganz ausgeräumt ist. Beim Lebenden ist der austretende Samenstrang an dieser Stelle bei mageren Personen zu sehen (Abb. 106); auf alle Fälle kann man den Ductus deferens über den Beckenknochen rollen und dabei als stricknadeldicken, harten Zylinder durchtasten.

Bei der Frau ist der Leistenkanal (und ebenso die äußere Öffnung) sehr viel enger. In ihm liegt das Ligamentum rotundum, ein Bindegewebsstrang, welcher von der Gebärmutter zu den großen Schamlippen zieht. Leistenbrüche sind wegen der Enge des Kanals viel seltener als beim Manne.

Anulus femoralis, Schenkelbrüche

Die innere Schenkelpforte, Anulus femoralis, führt in den Schenkelkanal, welcher unterhalb des Leistenbandes liegt (Abb. 110). Leisten- und Schenkelkanal sind aufs schärfste durch das POUPARTsche Band getrennt und deshalb nie miteinander zu verwechseln. Es folgt aus dieser Lage, daß die Schenkelpforte den Weg zur unteren Extremität öffnet, wenn sie aus den normalen potentiellen in den abnormen reellen Zustand übergeführt wird. Denn das Leistenband ist die äußere Grenze zwischen Rumpf und Schenkel. Diese lineare Grenze ist nach dem Beckenknochen zu ideell durch eine Ebene zu vervollständigen, welche man sich durch Leistenband und Schambeinrand gelegt denkt (Abb. 107). Tatsächlich wird die Ebene nicht von einer abschließenden Membran, sondern von der Lacuna musculorum und der Lacuna vasorum eingenommen, d. h. zwei Pforten, von welchen die erstere zum Bein Muskel und Nerven, die letztere wesentlich Gefäße passieren läßt (Abb. 110, Pfeile). In der Gefäßlücke liegt zu innerst (medial) der Anulus femoralis. Die Begrenzungen werden von Teilen der vorderen Bauchwand gebildet und deshalb hier beschrieben.

In pathologischen Fällen kann auch die Muskelpforte den Weg vom Bauchinneren zum Schenkel freigeben. Hauptsächlich Senkungsabszesse, die von der Wirbelsäule ausgehen — bis zu deren Brustteil hinauf —, begeben sich bei aufrechter Körperhaltung der Schwere folgend längs dem Musculus iliopsoas durch die Lacuna musculorum hindurch und werden am Oberschenkel nächst dem Leistenband sichtbar; bis dahin liegen sie ganz versteckt. Sie können auch andere Wege gehen, z. B.

zum PETITschen Dreieck (S. 174). Abszesse des Musculus iliacus selbst können den ganzen Muskel zerstören und entlang dem Nervus femoralis, der ja ebenfalls in der Lacuna musculorum liegt (Abb. 109), die ganze Lücke ausfüllen.

Die Schenkelpforte liegt in der Lacuna vasorum medial von den Gefäßen (Arteria et Vena femoralis, Abb. 109), zunächst dem Ligamentum lacunare (Gimbernati, Abb. 110). Letzteres begrenzt medialwärts die Pforte mit scharfem Rande; seine straffen Fasern sind nicht imstande auszuweichen. Deshalb werden Eingeweide, welche sich an dem Bande vorbeidrängen (Schenkelbruch, am häufigsten bei der Frau), gelegentlich durch die scharfe Kante eingeklemmt; sie können erst nach operativer Zertrennung des Bandes reponiert werden, anderenfalls werden sie brandig (eingeklemmter Bruch).

Den Zwischenraum zwischen dem GIMBERNATschen Band und den großen Blutgefäßen passieren Lymphgefäße, zu diesen gehört ein Lymphknoten, der oft gerade in der Lücke liegt und zwerchsackartig oberhalb und unterhalb oder nur auf einer Seite des Bandes vergrößert sein kann (ROSENMÜLLERscher Lymphknoten). Außerdem wird die Lücke von Bindegewebszügen der Fascia transversalis und der an sie anschließenden Fascia iliaca ausgefüllt: Septum femorale (Cloqueti). Räumt man die Faszie weg und entfernt den gesamten Inhalt der Lacuna vasorum, so zeigt sich, daß sie hinten von der Fascia iliaca umscheidet wird, welche mit der hinteren Gefäßscheide und den Bindegewebszügen auf dem Schambeinrand verschmilzt (letztere heißen Lig. Cooperi, Abb. 110). Vor der Lakune liegt vorn das Leistenband und innen von ihm der Tractus iliopubicus. Diese beiden Schenkel begrenzen speziell den Schenkelring. Der Anulus ist nach dem Schenkel zu in einen Trichter fortg setzt, dessen Spitze geschlossen und abwärts gerichtet ist. Außen von den Gefäßen dient zur Begrenzung der Lacuna vasorum gegen die Lacuna musculorum zu die Faszie des Musculus iliopsoas (Lig. iliopectineum, Abb. 96), welche aber von der Schenkelpforte durch die Gefäße getrennt liegt.

Senken sich Abszesse zwischen dem Bauchfell und der Fascia iliaca nach abwärts (präfaszial), so gelangen sie nicht in die Lacuna musculorum, sondern in die Lacuna vasorum, liegen aber lateral von den Gefäßen, zwischen diesen und dem Ligamentum iliopectineum (nicht medial zwischen Gefäßen und Ligamentum Gimbernati wie die Schenkelbrüche). Nur die letztere Stelle ist ein Punctum minoris resistentiae für Brüche, weil die wechselnden Verhältnisse der Lymphgefäße und -knoten weniger Widerstand leisten als die Blutgefäße.

Die Fasern der Fascia transversalis und Fascia iliaca ziehen als Processus falciformis lacunaris medial um die Lacuna vasorum herum. Diese Fasern sind nur deutlich, wenn sie künstlich begrenzt werden (das übrige Septum Cloqueti muß entfernt sein). Das Ligamentum Gimbernati folgt unter ihnen.

Das Leistenband ist in sich gedreht und verschieden gespannt, je nach den Beziehungen zu den beiden Lacunae (Abb. 107). Vor der Lacuna musculorum ist es etwas nach vorn und unten geschwungen. Diese Vorbuchtung steht unter dem Zug der Fascia lata, welche hier am Leistenband befestigt und aufgehängt ist. Sie verschwindet, wenn man die Fascia lata abtrennt. Vor der Lacuna vasorum weicht das Leistenband etwas zurück und ist weniger gespannt. Seine Form ist im ganzen schwach S-förmig, solange alle Faszien intakt sind; das dient beim Lebenden zur Begrenzung der hinter ihm verborgenen Lücken.

7. Hierher gehörige Halsmuskeln (Tabelle S. 151, Nr. 11—22).

a) Die Entstehung der verschiedenen Gruppen.

Halsmetameren, Verwerfungen

Die ventrolateralen Rumpfmuskeln, welche beim Bauch und der Brust beschrieben wurden, setzen sich ursprünglich in ununterbrochenem Zuge vom Becken bis zum Unterkiefer fort. Beim Menschen greifen der Rektus und Obliquus externus abdominis wohl auf den Brustkorb über (thorakoabdominale Muskeln), ohne aber — außer in seltenen Ausnahmen — die obersten Rippen und den Schultergürtel zu erreichen. Die teilweise Zusammengehörigkeit des Musculus transversus abdominis mit dem Musculus transversus thoracis und das gelegentliche Emporsteigen des letzteren bis zum oberen Rand des Brustkorbes sind Überbleibsel der ursprünglichen Kontinuität der Reihe

Bei niedersten Säugern (Monotremen) ist nur der Schultergürtel zwischen die thorako-abdominalen Muskeln und die Halsmuskeln eingeschaltet. Bei niedersten Wirbeltieren (Fischen) ist das die Regel.

Die ursprünglich kontinuierliche Reihe der ventrolateralen Muskulatur, welcher die ununterbrochene Serie der Myotome beim Embryo entspricht (Abb. 151), wird bei Säugern nicht nur in wechselndem Grad unterbrochen, sondern es tritt auch regelmäßig eine sehr charakteristische, in diesem Umfang ganz einzigartige Verwerfung von Muskelmaterial ein. Die Scheidewand zwischen Brust- und Bauchhöhle, welche auch bei vielen Nichtsäugern in variabler Anordnung existiert, aber nie muskulös ist, wird bei den Mammaliern in eine Muskelplatte verwandelt, deren Material aus der Halsgegend stammt. Diese Platte schiebt sich, obgleich sie viel höher gelegenen Metameren entspricht, zwischen den Transversus abdominis und Transversus thoracis ein, die dadurch erst gegeneinander begrenzt werden (Abb. 94). Die Ursache der Verwerfung liegt in dem Hinabsteigen des Herzens, welches am Hals entsteht, nachträglich in die Brusthöhle einwandert und das Muskelmaterial vom Hals aus mitgenommen hat. Die Bedeutung für die Organisation der Säuger liegt in der Wirkung, welche eine muskulöse Scheidewand (Diaphragma) zwischen Brust- und Bauchhöhle auf die Druckverhältnisse in beiden gewinnen kann. Denn durch die eigene Beweglichkeit des Schiedes kann die eine Höhle auf Kosten der anderen vergrößert werden und umgekehrt. Da beide Höhlen geschlossen sind, wird unter sonst gleichen Verhältnissen mit der Vergrößerung eine Verringerung, mit der Verkleinerung eine Erhöhung des Innendruckes verbunden sein. Der intraabdominale und vor allem der intrathorakale Druck stehen bei Säugern unter dem Einfluß des muskulösen Diaphragma, des Zwerchfelles, und können — was sonst unmöglich wäre — einander gegensätzlich sein. Bei allen Nichtsäugern herrscht dagegen immer in der ganzen Leibeshöhle der gleiche Druck. Das Druckgefälle zwischen intrathorakalem und intraabdominalem Druck übt eine Wirkung aus auf die verschiedensten Organe von Brust und Bauch bis in die feineren Details ihres Aufbaues hinein (z. B. Leber) und ist deshalb von fundamentaler Wichtigkeit.

Wegen der Beziehung des definitiven Zwerchfelles zu Brust und Bauch wird dieses hier im Anschluß an die vorhergehenden Abschnitte zuerst behandelt; es folgen dann die am Hals verbliebenen ventrolateralen Rumpfmuskeln. **Einteilung in Gruppen**

Bei Säugerembryonen ist der Deszensus des Herzens selbst sehr deutlich zu beobachten. Die Herzanlage ist auch beim Menschen im Kopf (unter dem vordersten Gehirnbläschen) gelegen, während die ersten Ursegmente sich bilden. Sind sie vollzählig, so ist das Herz an seinem späteren Platz im Brustraum angelangt. Auch vom Deszensus des Zwerchfelles ist in der Ontogenese manches zu bemerken. Während das Herz in der Halsgegend liegt, tritt ein Mesodermlager kaudal vom Herzbeutel auf: Septum transversum; es liegt dorsal in der Höhe des 5. Zervikalnervs (Embryo 5 mm). Die Muskulatur wird aber erst sichtbar, wenn das Septum mit dem Herzen in der Brustgegend angelangt ist und vor dem Dottersackstiel liegt (Embryo 9 mm). Doch gibt es folgende Indizien dafür, daß das Muskelmaterial nicht in der Brust, sondern weiter oben am Hals entstanden ist. Die benachbarten Myotome der Brustgegend geben kein Material an das Septum transversum ab. Dagegen schließt die Muskelmasse im Augenblick ihrer Entstehung räumlich an die Anlage der unteren Zungenbeinmuskeln an; diese Muskeln repräsentieren die ventralen Rumpfmuskeln am Hals (Rektussystem des Halses). Die Innervation des Zwerchfelles aus dem 3.—5. Zervikalnerv stimmt mit der anfänglichen Lage des Septum transversum und dem Anschluß der Muskelanlage an das Rektussystem des Halses überein. Von derselben Stelle ist eine andere Muskelanlage als trunkofugaler Muskel an die vordere Extremität gelangt (Musculus subclavius, Abb. 9). Es scheint, daß die Aberration dieses Muskels aus der Reihe der übrigen die Ausschaltung des Muskelmateriales für das Diaphragma auslöste. Meistens laufen auch beim Menschen Nervenäste für den Musculus subclavius mit dem Nervus phrenicus für das Zwerchfell zusammen. Alle Nervenäste, welche in das Zwerchfell aus Interkostalnerven eintreten, sind sensibel; sie haben mit der Entstehung des Muskels nichts zu tun.

b) In den Brustkorb eingewanderte Halsmuskulatur (Tab. S. 151, Nr. 11).

Diaphragma (Tab. Nr. 11), Abb. 94, **107, 111,** 112, 115

Zwerchfell, Diaphragma. Die Muskelfasern entspringen von der Lendenwirbelsäule und der vor ihr liegenden Muskulatur, dem Musculus quadratus lumborum und Musculus psoas (Pars lumbalis), von allen abdominalen Rippen und von der 7. sternalen Rippe (Pars costalis), schließlich von dem Schwertfortsatz des Brustbeins (Pars sternalis). Alle vereinigen sich sehnig in der Mitte der Muskelplatte zum Centrum tendineum, einer flächenförmigen Schaltsehne, die der unpaaren Pars sternalis einen vorderen Fortsatz entgegenstreckt und mit zwei seitlichen Flügeln jederseits zwischen den Rippen- und Lendenteil eingeschoben ist (Abb. 111). Die Sehnenplatte wird seit alters her mit einem Kleeblatt verglichen; doch ist die Dreiteilung nur angedeutet.

Lendenteil des Zwerchfells, seine Pfeiler und Löcher

Die Pars lumbalis des Zwerchfells reicht rechts weiter an der Lendenwirbelsäule hinab als links (4. anstatt 3. Lendenwirbel) und ist mit ihren Ursprungssehnen in das Ligamentum longitudinale anterius der Wirbelkörper bis hinauf zum letzten Brustwirbel verwebt (Abb. 107). Es entstehen zwei Pfeiler, Crura medialia, welche senkrecht vor der Wirbelsäule, parallel zu dieser, in die Höhe steigen und zwischen sich im Hiatus aorticus die Aorta durchlassen; sie überkreuzen sich und weichen, indem sie nach oben vorn auf das Centrum tendineum zulaufen, nochmals auseinander, damit die Speiseröhre passieren kann: Hiatus oesophageus. Die Crurae intermediae liegen seitlich hinter den mittleren Pfeilern, sind viel schmaler und nur durch eine feine Spalte von letzteren geschieden. Sie entspringen seitlich am 2. Lendenwirbel oder von dem inneren Sehnenbogen der folgenden Pfeiler. Diese, die Crura lateralia, sind die breitesten Teile des Lendenteiles und schließen ihn nach beiden Seiten ab. Die Lage des ganzen Lendenteils richtet sich nach der Wirbelsäule, welche in den Bauchraum vorspringt (Abb. 108, 111); die vor ihr liegenden mittleren Pfeiler stehen deshalb viel weiter vorn als die seitlichen Pfeiler. Die letzteren haben sich besonders entwickelt, weil der Ursprung ein System von sehnigen Brücken (HALLERsche Bögen) besetzt hat, welche jederseits über den Musculus psoas und Musculus quadratus herüberführen, ähnlich wie das Leistenband über den vorderen Ausschnitt des Beckens herübergespannt ist. Die beiden genannten Muskeln schieben sich auf diese Weise von der Bauchhöhle hinter dem Zwerchfell eine kurze Strecke weit in die Brusthöhle hinauf. Der Psoas ist von dem Arcus lumbocostalis medialis (innerer HALLERscher Bogen) überspannt, welcher vom Körper des 2. Lendenwirbels zur Spitze des Seitenfortsatzes dieses Wirbels zieht. Der Quadratus lumbalis wird vom Arcus lumbocostalis lateralis (äußerer HALLERscher Bogen) überbrückt, welcher von der Spitze dieses Seitenfortsatzes zur Spitze der letzten Rippe zieht (Abb. 107, beide Bogen auf der rechten Körperseite punktiert). Das Crus laterale entspringt fleischig von beiden Sehnenbogen ihrer ganzen Länge nach und ist nur gegen das Crus intermedium durch eine feine Spalte getrennt (Abb. 111). Außen vom Crus laterale beginnt die Pars costalis des Zwerchfells. Doch besteht hier oft eine dreieckige Spalte: Trigonum lumbocostale (BOCHDALEKsche Spalte), welche unter Umständen große Dimensionen annehmen und abnorme Beziehungen zwischen Brust- und Bauchhöhle vermitteln kann. Außer den genannten großen Pforten (für Aorta und Ösophagus) besteht noch eine dritte, welche im Centrum tendineum, rechts von der Medianebene, liegt: Foramen venae cavae.

Bei manchen Säugern (Nagern) ist die Pars lumbalis an besonderen unpaaren Knochenvorsprüngen der Lendenwirbel befestigt und dadurch besonders wirksam; es finden sich unter ihnen die schnellsten Läufer (Hase).

Die Ursprünge der Crura lateralia sind auf die Faszien des Musculus quadratus und Musculus psoas übergewandert. Die Faszien sind an den betreffenden Stellen aponeurotisch verstärkt und in die beiden HALLERschen Sehnenbögen umgewandelt. Diese bilden ihrer Entstehung nach einen festen Verschluß zwischen Brust- und Bauchhöhle.

Der Hiatus aorticus ist außer für die Hauptschlagader noch für den Durchlaß des größten Lymphganges des Körpers (Ductus thoracicus) bestimmt. Die Pforte ist sehnig umrandet und so weit, daß die Pulsation der Arterie nicht gehindert ist. — Der Hiatus oesophageus umschließt außer der Speiseröhre noch die beiden Nervi vagi. Die Umrandung ist muskulös und nur locker mit der Speiseröhre verbunden.

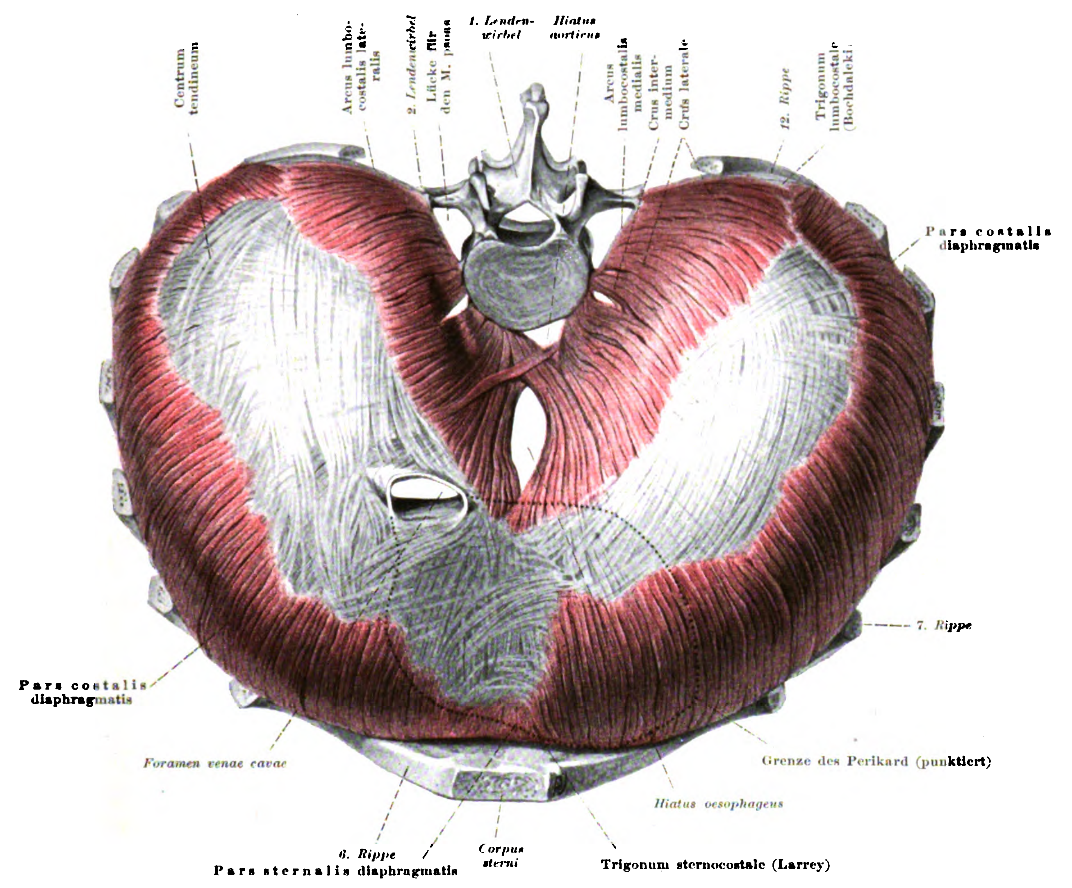


Abb. 111. Zwerchfell in natürlicher Lage und Form, vom Brustraum aus gesehen.

Bei operativer Durchschneidung des Ösophagus am Magen muß die Speiseröhre mit einem Faden angeschlungen und fest gehalten werden, weil die Befestigung am Zwerchfell ihrer Eigenkontraktion nicht standhält; deshalb entschlüpfte bei der ersten Totalexstirpation des Magens (BILLROTH) die Speiseröhre in das hintere Mediastinum. — Das Foramen venae cavae enthält die untere Hohlvene und ein feines Ästchen des N. phrenicus.

Feinere Spalten des Lendenteils

Es gibt außerdem noch eine Reihe kleinerer Gebilde, welche das Zwerchfell passieren; sie benutzen die feinen Spalten zwischen den Pfeilern des Lendenteiles, welche oft nur an diesen Einschlüssen erkennbar sind (oder die Spalte zwischen Pars costalis und Pars sternalis, siehe unten).

Zwischen Crus mediale und Crus intermedium verläuft beiderseits der Nervus splanchnicus major vom Brustsympathikus; rechts liegt mit ihm die Vena azygos, links die Vena hemiazygos zusammen. Der Nervus splanchnicus minor aus dem

Brustsympathikus geht auch durch diesen Spalt oder er geht für sich allein durch das Muskelfleisch des Crus intermedium hindurch. Zwischen Crus intermedium und Crus laterale verläuft der Grenzstrang des Sympathikus. Es kommen Abweichungen von diesen Regeln vor.

Angeborene und erworbene Zwerchfellhernien

Die ganze Lendenpartie des Zwerchfells ist ihrer Anlage nach selbständig gegenüber den beiden übrigen Teilen, die deshalb oft als Pars sternocostalis zusammengefaßt werden. Wahrscheinlich trennt sich das Muskelmaterial für beide Abschnitte schon früh beim Descensus diaphragmatis; das Material für den lumbalen Abschnitt begibt sich vom Septum transversum aus für sich längs der Wirbelsäule hinab. Das kann daraus geschlossen werden, daß es ebenfalls vom Nervus phrenicus versorgt wird. Scheinbar entwickelt sich die lumbale Muskulatur in loco; denn sie wird beim Embryo zuerst vor der Wirbelsäule sichtbar. Von dort wächst sie dem sternokostalen Abschnitt entgegen. Die Vereinigung erfolgt zwischen dem äußeren Rand des Crus laterale und der 12. Rippenzacke. Ist sie unvollständig, so bleibt hier eine Lücke. So kommt das Trigonum lumbocostale (Bochdaleki) zustande. Fehlt die Quadratusarkade oder die 12. Rippenzacke, so ist der Defekt besonders groß.

Unmittelbar unter dem Bochdalekschen Dreieck liegt die Niere; die nahe Distanz erleichtert die Überleitung von Brustfelleiterungen auf dieses Organ auf dem Lymphweg und umgekehrt. Bei ganz großen Defekten an dieser Stelle können Baucheingeweide bruchartig in die Brusthöhle vordringen (angeborene Zwerchfellhernien) und die Lunge komprimieren oder die Brusteingeweide auf die andere Brustseite drängen. Kleinere Brüche sind hier nicht so leicht möglich, weil der Muskeldefekt bei ihnen auf die senkrecht stehende Partie des Zwerchfells beschränkt bleibt, welche sich der Brustwand anschmiegt und deshalb genügend Widerstand bietet (Abb. 112). Es kommen aber kleine Zwerchfellhernien vor, wenn Eingeweide sich durch das Foramen oesophageum oder einen akquirierten Einriß der Muskelbrücke zwischen dem Speiseröhren- und Aortenschlitz vordrängen (erworbene Zwerchfellhernien). Sie können auch zwischen Pars costalis und Pars sternalis in das vordere Mediastinum gelangen.

Rippenbrustbeinteil des Zwerchfells

Die Pars costalis des Zwerchfells alterniert mit den Ursprungszacken des Musculus transversus abdominis (Abb. 94, rechts). Sie steigt treppenförmig mit Zacken innen von den Knorpeln der 12.—7. Rippe in die Höhe. Die oberste Zacke ist durch einen Zwischenraum von der Pars sternalis getrennt: Trigonum sternocostale (Morgagnische oder Larreysche Spalte, Abb. 94 und 111). Durch sie verlaufen Gefäße von der vorderen Brust- zur Bauchwand (Vasa epigastrica superiora), die sich auf der Hinterseite des Rectus abdominis fortsetzen (in sehr seltenen pathologischen Fällen auch Parasternalhernien). Der Rippenteil des Zwerchfells steht anfangs senkrecht wie der Lendenteil und schwenkt erst weiter oben in die Horizontalebene ein, in welcher die Muskelfasern das Centrum tendineum erreichen. Die Ursprungspartie des senkrechten Teiles ist bindegewebig mit der Brustwand verlötet (Abb. 112). Weiter oben liegen zwei Brustfellblätter (rot) zwischen Thorax und Muskel, die am untersten Punkt ineinander übergehen. Sie sind durch eine kapillare Spalte voneinander getrennt (Sinus phrenicocostalis), sehr schlüpfrig und deshalb leicht gegeneinander verschieblich, was der Beweglichkeit des Zwerchfelles an dieser Stelle zugute kommt. Ganz ähnlich ist der senkrechte Teil der Pars lumbalis gegen die hintere Brustwand bis hinab zum 12. Brust- und manchmal 1. Lendenwirbel verschiebbar.

Die Pars sternalis ist weitaus die kleinste Partie des Zwerchfells und individuell sehr verschieden entwickelt. Sie entspringt von der Hinterseite des Schwertfortsatzes (Abb. 115), der je nach ihrer Stärke in einem oberflächlicheren oder tieferen Niveau liegt. Der Musculus transversus thoracis schließt mit seinen Ursprüngen zu beiden Seiten des Schwertfortsatzes dicht an den Zwerchfellursprung an und verhindert ein zu starkes Zurückweichen dieses Skeletteiles; ebenso die Aponeurose des Transversus abdominis, welche an der Linea alba und mit dieser an die Vorderfläche des Fortsatzes angeheftet ist (Abb. 94).

Das Zwerchfell im ganzen erhebt sich nach der Brusthöhle zu mit einer rechten und linken Kuppel (Abb. 112). Zwischen beiden liegt eine sanfte, leicht nach links geneigte Vertiefung, auf welcher das Herz ruht: Herzsattel. Unter der rechten Kuppel befindet sich die Leber, unter der linken der Magen. Die verschiedene Festigkeit der beiden Organe bedingt den verschieden hohen Stand der Kuppeln, von denen die rechte sich um einen Interkostalraum höher als die linke erhebt. **Zwerchfellkuppeln und Herzsattel**

Herz und Magen sind (außer von den dünnen Membranen des Herzbeutels und Bauchfelles) nur durch das Centrum tendineum voneinander getrennt (Abb. 112), also durch die dünnste Stelle des Zwerchfells. Die nahe Nachbarschaft erklärt manche pathologische Beziehung zwischen beiden Organen, z. B. Herzbeschwerden bei beginnenden Magenerkrankungen. Der Herzbeutel ist mit der mittleren Partie des Centrum tendineum fest verbunden (Abb. 111, punktierte Linie). Das Foramen venae cavae liegt innerhalb des Herzbeutels. Die ganze übrige Oberfläche wird vom Brustfell überkleidet mit Ausnahme eines Streifens in der Medianebene, in welchem der Hiatus aorticus und Hiatus oesophagus liegen. Fast an die ganze Unterfläche ist das Bauchfell angeheftet, welches sich von ihr an die Leber, den Magen und die Milz umschlägt (das Nähere siehe Bd. II, Eingeweide, Bauchfell). Herzbeutel, Brust- und Bauchfell sind durch eine Bindegewebsschicht mit dem Perimysium externum der Muskulatur resp. dem Peritenonium externum des Centrum tend. in Verbindung und können infolgedessen leicht im ganzen mit stumpfer Gewalt abgelöst werden. Bei der Leiche ist dies allerdings oft schwierig. Die Bindegewebsschicht entspricht der Fascia transversalis der Bauchwand und der Fascia endothoracica der Brustwand.

Die Stellung des Zwerchfells bei der Leiche ist konstant. Sie ist eine Extremstellung, welche beim Lebenden unter normalen Verhältnissen nicht eingenommen wird, weil die Muskeln nicht so völlig erschlaffen oder überdehnt werden können wie nach Ablauf der chemischen Umsetzungen während der Leichenstarre. Die Lungen kollabieren bei der Leiche stärker als je im Leben; denn der Brustraum ist kleiner als im Leben infolge der erhöhten Nachgiebigkeit des Zwerchfells und des Druckes der Gase, die sich bei der Leiche im Darm und Magen bilden und die „postmortale Exspirationsluft" aus der Lunge austreiben. Die rechte Zwerchfellkuppel ragt durchschnittlich bis zur Höhe des 4. Rippenknorpels, bei jugendlichen Individuen sogar bis zum 3. Rippenknorpel empor; bei älteren Personen ist infolge der größeren Starrheit des Brustkorbes selten die 5. Rippe überschritten. Links ist der Stand bis zur Höhe eines Interkostalraumes niedriger. Trotz der Erschlaffung des Zwerchfellmuskels sind seine Fasern passiv aufs äußerste gespannt, solange die Brustwand unverletzt ist, weil die Lungen eine stark ansaugende Wirkung bewahren. Denn der Brustraum ist immer noch größer als die Lungen; dringt Luft durch die geringste künstliche Öffnung im Brustkorb oder Zwerchfell ein, so kollabieren die Lungen vollständig; sofort fällt das Zwerchfell schlaff herab unter Verlust seiner typischen Form. Man benutzt den passiven Spannungszustand des Muskels bei der Präparation an der Leiche, die natürlich nur von der Bauchseite her möglich ist (von der Brustseite her kann man das Zwerchfell nur nach künstlicher Fixierung durch Härtungsmittel und durch eine passende Unterlage präparieren, Abb. 111). **Stand des Zwerchfells bei der Leiche und beim Lebenden**

Beim Lebenden ist der Stand des Zwerchfells sehr wechselnd. Die Wölbungen der Kuppel können sich abflachen unter Einhaltung der Stellung des Herzbodens; es kann aber auch das ganze Zwerchfell gesenkt werden, also samt dem Herzboden (Abb. 112, gestrichelte Linie). Die maximale Verschiebung des Centrum tendineum kann bis zu 4 cm betragen; gewöhnlich ist die Verschiebung nur gering. Die Extremstellungen gehen einher mit verschiedenen Phasen der Atmung. Bei forcierter Einatmung wird der niedrigste Stand, bei forcierter Ausatmung der höchste Stand des Zwerchfells erreicht. Die Bewegung der Kuppeln ist für die mittlere Bewegung des Zwerchfells bei gewöhnlicher



(„ruhiger") Atmung wichtiger als die Verschiebung des Herzbodens. Sie beträgt an der rechten Kuppel gemessen durchschnittlich 2 (—4) cm Höhendifferenz (bei der Frau 1,75—2 cm). Die Beziehung des Zwerchfellstandes zu den Rippen ist beim Lebenden natürlich abhängig von dem Wechsel der Einstellung seiner Kuppeln, deren Zusammenhang mit der Atmung (und mit den Bewegungen der Körperwand überhaupt) im Schlußkapitel über die ventrale Rumpfwand behandelt wird. Im Durchschnitt ist der Stand bei Männern weniger hoch als bei Frauen, im Liegen höher als im Stehen und Sitzen, bei jugendlichen Individuen höher als

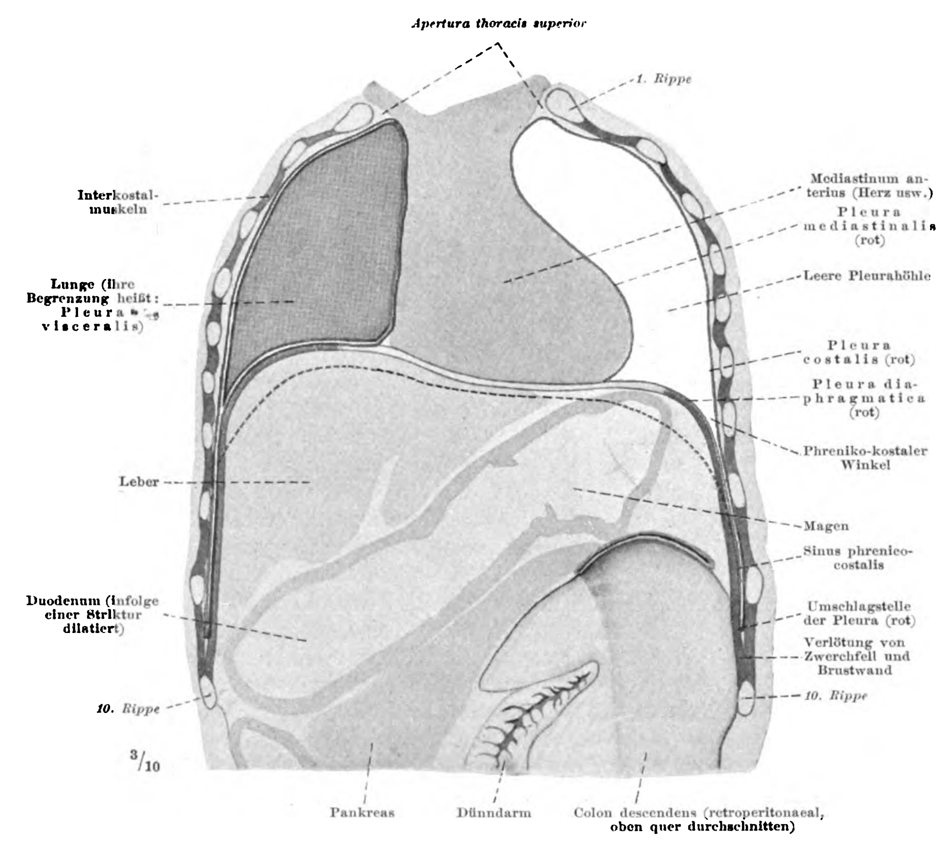


Abb. 112. Frontalschnitt durch den Rumpf eines Erwachsenen, von vorn: Pleura parietalis rot, Pleura visceralis blau. Lunge links entfernt. Centrum tendineum hell. Der Zwerchfellstand ist der typische Hochstand bei der Leiche. Die gestrichelte Linie entspricht dem Zwerchfellstand bei ruhiger (nicht forcierter) Einatmung unter der Annahme, daß der Zwerchfellstand des Lebenden, nicht der bei der Leiche abgebildete wäre. Es ist die Zwerchfellinie in ihrem fleischigen Teil (Kuppeln) rot gestrichelt, in ihrem sehnigen Teil („Herzsattel") schwarz gestrichelt; sie ist nur relativ richtig (nur die Differenz der beiden Stellungen, nicht die Inspirationsstellung als solche entspricht dem Leben; über die wirkliche Stellung beim Lebenden vgl. die Orthodiagramme, Abb. 117, 118).

bei älteren und außerdem bei engbrüstigem Habitus niedriger als bei gedrungenem, breitschultrigem Körperbau. Absolute Zahlen haben deshalb wenig Wert; unter sonst gleichen Verhältnissen ist die durchschnittliche Stellung um einen Rippenzwischenraum tiefer als bei der Leiche (also rechts oberer, links unterer Rand des 5. Rippenknorpels).

Eine Wunde (z. B. ein Schußkanal oder Dolchstich) kann je nach ihrer Richtung und Länge und je nach der In- oder Exspirationsstellung im Augenblick der Verletzung von derselben Stelle der Haut aus bloß in die Brusthöhle oder durch

das Zwerchfell hindurch auch in die Bauchhöhle führen (z. B. in der Richtung des Verweisungsstriches: Pleura diaphragmatica in Abb. 112). Am zweifelhaftesten in diesem Sinne sind Verletzungen der vorderen Brustwand im 5. und 6. Zwischenrippenraum.

Über die Lage und die Bewegungen des Zwerchfells wußte das Altertum besser Bescheid als die neuere Anatomie bis zur Entdeckung der Röntgenstrahlen. Denn man studierte sie in Alexandria an lebenden Verbrechern (z. B. die Stellung des Centrum tendineum) in der grundsätzlich richtigen Erkenntnis, daß das Studium an der Leiche nicht die ultima ratio sei. Heute haben wir im Röntgenbild ein zuverlässigeres und humanes Mittel, das Zwerchfell des lebenden Individuums zu beobachten (vgl. Atmung, Abb. 116 und Bd. II, Situs cordis).

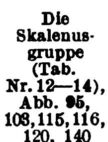
Bei der bloßen Abflachung der Zwerchfellkuppeln steht das Centrum tendineum fest (Punctum fixum). Die Muskeln können von hier aus auf die Rippen wirken, freilich nur dann, wenn der Gegendruck der Baucheingeweide das Centrum tend. unterstützt und in seiner Lage erhält. Die Rippen werden in diesem Fall gehoben und drehen sich zwangsläufig (S. 112), so daß der untere Thoraxabschnitt im Quer- und Tiefendurchmesser vergrößert wird (Abb. 92, 3).

Diese wichtige, von Duchenne de Boulogne, einem um die Muskelbewegung hochverdienten Arzt, experimentell an Tieren und durch Beobachtungen an Kranken erhärtete Tatsache wird neuerdings mit Gründen bestritten, die ich nicht für zutreffend halte.

Bewegt sich dagegen das Zwerchfell mitsamt dem Centrum tend., so funktioniert letzteres als platte Schaltsehne, welche je nach der Kontraktion verschiedener Abschnitte der inserierenden Muskelfasern verschieden eingestellt werden kann. Auf Nachbarorgane, z. B. auf die Leber, wird infolgedessen ein mehr oder minder starker Druck ausgeübt. Doch ist die Krümmung der Fasern und ihre Länge in den verschiedenen Teilen des Zwerchfells so mit dem Gegendruck der Bauchorgane ausreguliert, daß alle Muskelfasern zusammen eine gleichmäßige, planparallele Senkung des horizontalen Zwerchfellniveaus herbeiführen. Kleine Abweichungen (Zwerchfellfurchen und -buckel) sind beim Lebenden oft auf dem Röntgenschirm zu beobachten und gehören zur Norm. Die vordere Bauchwand muß entsprechend nachgeben.

Innervation: Nervus phrenicus aus C 3—C 5 (selten C 6 oder sogar C 2 und C 7); wahrscheinlich nie aus C 4 allein, sondern aus wechselnden Kombinationen, an welchen immer C 4 und einer oder mehrere der genannten Halsnerven beteiligt sind. Blutzufuhr: A. pericardiacophrenica und A. musculophrenica aus der A. mammaria interna; A. phrenica sup. aus der Aorta thoracica und A. phrenica inferior aus der Aorta abdominalis.

c) Seitliche und vordere Muskulatur des Halses (Tab. S. 151, Nr. 12—19).



Musculi scaleni, Treppenmuskeln. Sie bilden eine eng zusammengehörige Gruppe, welche die Interkostalmuskeln oberhalb des Brustkorbes als eng zusammengedrängter Haufen fortsetzt (Abb. 95). Sie sind entstanden aus mehreren hintereinander liegenden Segmenten der äußersten Muskelschichten der vorderen Körperwand, die miteinander verschmolzen sind, als die zugehörigen Rippen verschwanden (Tabelle S. 152 unten). Die Rippenrudimente, welche in die Halswirbel aufgenommen sind (Tubercula anteriora), tragen noch die Ursprünge der vorderen und mittleren Skaleni. Doch ist der hinterste der Muskeln aus Platzmangel auf die Wirbel selbst (Tubercula posteriora) verschoben. Die Anheftungen an die Spinalnervenrinne bilden dazu den Übergang (Abb. 116). In ähnlicher Weise sind am Rücken die Levatores costarum auf die Wirbelsäule gewandert; der Scalenus posterior entspricht ihnen am Hals. Die Wirkung der Skalenusgruppe auf die obersten Rippen ist die gleiche wie diejenige der Intercostales externi und Levatores costarum. Es sind im einzelnen längere und kräftigere Muskelindividuen als jene Brustmuskeln. Deshalb sind sie wichtig für die Bewegungen des Brustkorbes (Rippenheben). Andrerseits können sie die Halswirbelsäule und durch sie den Kopf bewegen, sei es nach vorn, wenn die beiderseitigen Skaleni zusammenwirken, sei es seitlich beugend oder drehend, wenn eine Seite allein innerviert wird.



Ein Teil des Muskelmateriales, welches bei der Rückbildung der Halsrippen disponibel wurde, ist als thorakofugale Muskulatur auf den Schultergürtel verschoben: M. rhomboides, levator scapulae, serratus anterior et Mm. serrati posteriores der menschlichen Anatomie (Abb. 9, hellgelb). Diese Extremitätenmuskeln sind ihrer Herkunft nach Geschwistermuskeln zu den Skaleni; sie stehen auch in ihrer Innervation in engster Beziehung zu ihnen.

Es ist strittig, ob der Scalenus anterior, dessen Faserrichtung den äußeren Muskelschichten entspricht, wirklich zu diesen gehört; vielleicht ist er aus Intercostales interni entstanden. Die Richtung der Muskelfasern sagt für diese Frage wenig aus, weil der Brustkorb beim Menschen abgeplattet und die erste Rippe stark gesenkt ist; dieses und andere Momente können sehr wohl eine Umorientierung der Muskelfasern bewirkt haben.

Der Scalenus anterior ist ein selbständiger Muskel, welcher von den beiden übrigen durch die hintere Skalenuslücke scharf getrennt ist, eine dreieckige Spalte, an deren Basis die 1. Rippe liegt (Abb. 95, 121). Die Lücke ist ausgefüllt durch die große Schlagader und die Nerven, welche zur oberen Extremität verlaufen (A. subclavia und Plexus brachialis). Der Skalenuslücke entsprechen weniger auffallende kleine Pforten in der Brust- und Bauchwand, welche seitlich durch die Interkostal- und Bauchmuskeln kleine Nerven- und Gefäßästchen durchlassen (z. B. zwischen den oberen Zacken des Obl. abd. ext.); sie versorgen die Haut. Beim Hals ist das Gefäßnervenbündel bedeutend stärker, weil zu ihm nicht nur die Haut gehört, sondern die gesamte Muskulatur des Armes, welche in dieser Gegend entstanden ist. Die Topographie der Pforten in der Körperwand illustriert, daß der Scalenus anterior dem vorderen (ventralen) Teil der gesamten schrägen Bauch- und Brustmuskulatur, der Scalenus medius und Sc. posterior dem hinteren (dorsalen) Teil dieser Muskulatur entsprechen. Es gibt noch eine zweite Spalte, die vordere Skalenuslücke, welche vor dem Scalenus anterior liegt, weil hier das Rektussystem des Halses nicht unmittelbar anschließt. (Diese Spalte beherbergt die Vena subclavia (Sulcus venae subclaviae, Abb. 95.)

Nur die hintere der beiden Skalenuslücken liegt innerhalb der Skalenusgruppe; sie ist die einzige wirkliche Lücke in den Skaleni (Skalenuslücke schlechthin). Doch ist es üblich, beide Spalten nach den Skaleni zu nennen.

Muskeln und Gefäße geben der 1. Rippe ein bestimmtes Relief (S. 147). Das Schlüsselbein bedeckt von vorn größtenteils die Skalenuslücken; wenn es stark hinabgedrückt wird, werden sie umfänglicher sichtbar. In dieser Stellung wirken Schlüsselbein und 1. Rippe wie die beiden Branchen einer Schere gegeneinander und klemmen die Gefäße und Nerven zwischen sich ein. Die Arterie wird zuerst betroffen. Man überzeuge sich durch folgenden Versuch: man schiebt die eine Hand so weit wie möglich nach hinten auf das Gesäß hinunter; das Schlüsselbein nimmt dann die erwähnte Stellung von selbst ein. Es zwängt die Subklavia so stark ein, daß der Pulsschlag an der betreffenden Handwurzel, den man mit der anderen Hand kontrolliert, nicht mehr zu fühlen ist.

Bei starken Zerreißungen des Armes kann der Arzt durch Herabdrücken der Klavikula des Patienten rasch die Blutung zum Stehen bringen (Nothilfe gegen Verblutung). Wird in der Narkose nicht für richtige Lagerung des Armes gesorgt, so schädigt der Scherenmechanismus gelegentlich den Plexus brachialis so, daß der Arm zufolge dieses Kunstfehlers lange Zeit gelähmt bleibt (Narkoselähmung).

Der Scalenus anterior entspringt an den unteren Halswirbeln (besonders kräftig am Tuberculum caroticum des 6. Halswirbels, siehe S. 85), der Scalenus medius an allen Halswirbeln, der Scalenus posterior nur an den untersten. Die Insertionen an den Rippen steigen außen an den zwei bis drei obersten Rippen hinab und gelangen dabei gleichzeitig mehr nach hinten (Abb. 115, 116). Medius und Posterior sind nicht immer deutlich voneinander getrennt; sehr charakteristisch für einen selbständigen Posterior ist die Wendung nach vorn um den Außenrand des Medius herum (Abb. 95).

Bei vielen Säugetieren, vor allem den Raubtieren, steigt das Skalenussystem weiter am Thorax abwärts (bis 9. Rippe, Katze). Das Absteigen der Zacken an den Rippen hat den Muskeln den Namen „Treppenmuskeln" gegeben.

Innervation: Sc. ant. C 5—7; Sc. med. C 2—8; Sc. post. C 8 oder C 7—8. Der oberste von C 2—3 versorgte Teil des Scalenus medius ist nichts anderes als ein Intertransversarius des Nackens (Tab. S. 89, Nr. 15) und nur oberflächlich dem Skalenus angeheftet. Blutzufuhr: Äste der Subklavia (A. cervicalis ascendens, A. vertebralis, A. thyreoidea inf., A. cervicalis profunda). Varietät: Es gibt häufig einen Scalenus minimus, der vom letzten Halswirbel selbständig zur 1. Rippe oder zur Pleura verläuft (siehe Befestigungen der Pleura an der Wirbelsäule, Bd. II). Außerdem sind nicht selten überzählige Skaleni zwischen die gewöhnlichen eingeschaltet (Abb. 140) oder nach hinten von ihnen auf dem Serratus posterior gelegen.

Die Rektusgruppe des Halses (Tab. Nr. 15 bis 19), Abb. 94, 99, 113, 114, 360, 365, 366, 370

Das dem Rektus der Bauchwand entsprechende System von Muskeln des Halses zerfällt in fünf Individuen, welche zwischen Brustbein, Schildknorpel (Cartilago thyreoidea), Zungenbein (Os hyoides) oder über dieses hinaus bis zum Kinn (*γενειον*) verlaufen. Die einzelnen Namen bezeichnen Ursprung und Insertion eines jeden Muskels und enthalten dadurch bereits wesentliches Wissensmaterial; ähnlich wie chemische Namen Aufschluß über die Konstitution geben, sind sie — wenn auch unhandlich im Sprachgebrauch — wegen des konkreten Inhaltes einprägsam. Die fünf Muskeln heißen: Musculus sternothyreoideus, Musculus thyreohyoideus, Musculus sternohyoideus, Musculus omohyoideus, Musculus geniohyoideus.

Historische Entstehung der Individuen

Die in den Namen ausgedrückte Anordnung geht aus der historischen Entwicklung hervor, welche so verlief, daß sich eine dem Rectus abdominis ähnliche Muskelmasse mit ihren Zwischensehnen an querverlaufenden Skelettspangen des Halses anheftete. Dadurch zerfiel sie in einzelne Muskeln, von denen ursprünglich jeder zwischen zwei Inskriptionen lag, welche das Skelett erreichten. Nicht alle Zwischensehnen tun dies. Viele gehen zugrunde, wie auch beim Rectus abdominis; andere bleiben regelmäßig oder individuell bestehen, z. B. regelmäßig eine im Sternothyreoideus und im Omohyoideus; im Sternohyoideus gelegentlich mehr als eine. Als Skelettspangen kommen ursprünglich alle Kiemenbogen in Betracht, welche einer hinter dem anderen um den vorderen Teil des Darmes herumlaufen (Abb. 317) und deren eigene Muskulatur noch am Hals existiert. Denn die Kiemenbogen wurden reduziert bis auf solche Teile, welche das Rektussystem zur Anheftung braucht und welche deshalb als Skelettstützen für den Mund (Unterkiefer und Zungenbein) und für den Kehlkopf (Schildknorpel usw.) verwendbar waren. Die eigentliche Kiemenmuskulatur, welche zum Kopf gehört, ist auf diese Weise mit dem Rektussystem, einem Teil der Rumpfmuskulatur, in engste örtliche und funktionelle Beziehung getreten. Beide zusammen bilden die Halsmuskeln insgesamt, welche praktisch (z. B. beim Präparieren) gemeinsam behandelt werden. Für die theoretische Darstellung halte ich es für wichtig, beide Gruppen getrennt aufzuführen, weil die zahlreichen Verwerfungen und Umgruppierungen im definitiven Zustand der Halsmuskulatur, die Innervation u. a. m. verständlich und einprägsam sind, sobald die Herkunft der Gruppen klar vor Augen steht. Über die Kiemenmuskelanteile der Halsmuskulatur siehe unter Kopfmuskeln.

Die tiefsten Teile des Halsrektus sind am ausgiebigsten an Skeletteile angeheftet. Ein Muskel geht vom Brustbein zum Schildknorpel, M. sternothyreoideus, der anschließende vom Schildknorpel zum Zungenbein, M. thyreohyoideus. Die oberflächliche Schicht überspringt dagegen den Schildknorpel und geht direkt vom Brust- zum Zungenbein, M. sternohyoideus. Das Zungenbein selbst wird von keinem der Muskeln übersprungen, obgleich dies ursprünglich auch vorkommt. Aber beim Menschen ist wegen der aufrechten Körper- und Kopfhaltung das oberste Stück des Rektussystems ganz zwischen Zungenbein und Unterkiefer (Kinn) eingeschaltet, M. geniohyoideus (Abb. 366). Am Zungenbein macht die Hals-



oberfläche bei geradeaus gerichtetem Kopf einen rechtwinkeligen Knick, da hier die horizontale Partie des Halses mit der vertikalen zusammenstößt. An dieser Stelle liegt das Zungenbein unmittelbar unter der Haut und kann durch diese leicht getastet werden.

In der Nachbarschaft des Geniohyoideus liegen noch andere, zum Halsrektus gehörige Muskeln, die vom Zungenbein entspringen, aber nicht an Skeletteilen, sondern in der Zunge selbst inserieren. Sie bilden das Zungenfleisch (siehe Bd. II, Zungenmuskeln; ich verweise besonders auf das für die Ableitung der Zungen-

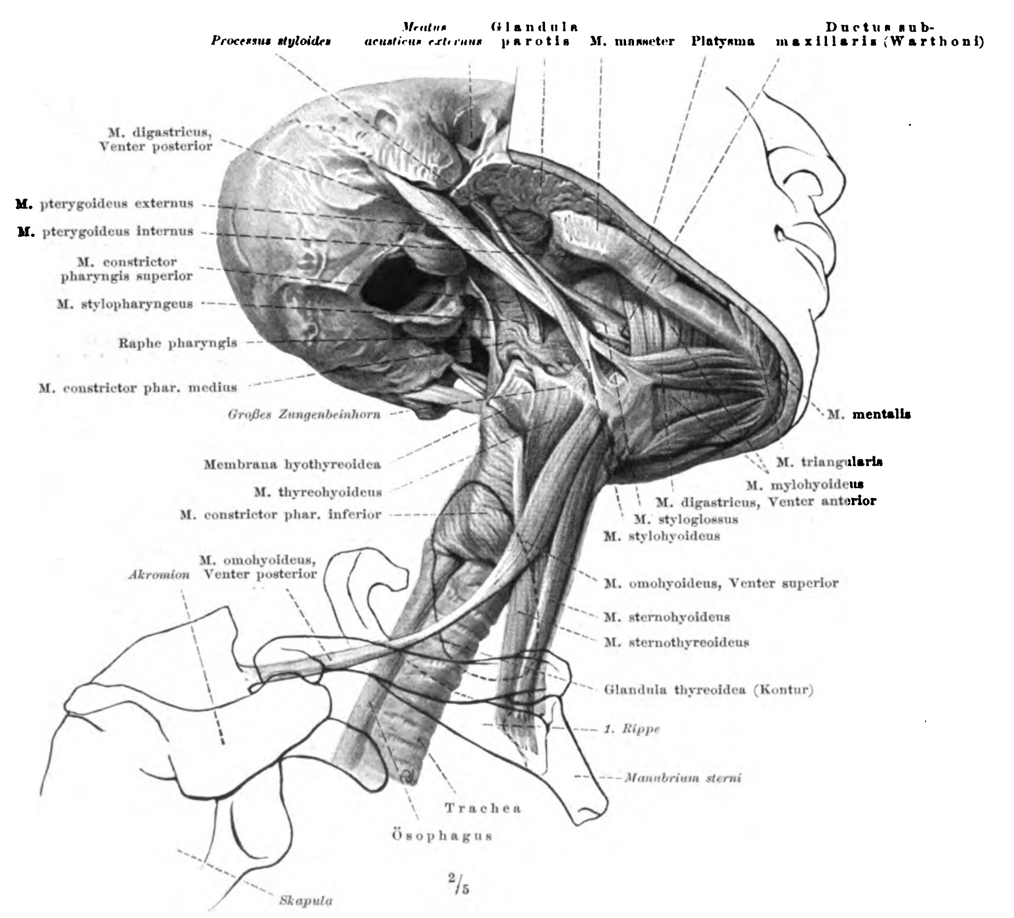


Abb. 113. Halsmuskeln (Rektusgruppe, kraniale Halsmuskeln, Pharynxmuskeln). Kopf etwas nach links geneigt, Wirbelsäule und Glandula submaxillaris entfernt. Brustschulterskelett und Glandula thyreoidea nur als Konturen (durchsichtig gedacht). Die Muskeln in der natürlichen Lage. (Der M. sternothyreoideus setzt sich in diesem Fall mit einigen Fasern in den M. thyreohyoideus kontinuierlich fort; außerdem ist er hier mit dem M. constrictor pharyngis inferior schaltsehnig verbunden. Beides ist in der Abbildung außen vom oberen Bauch des Omohyoideus dicht über dem medialen Kontur der Glandula thyreoidea gezeichnet.)

muskeln in Bd. II gegebene Bild des Haies, das für die Entstehung des Rektussystem des Halses im ganzen sehr anschaulich ist).

Der M. omohyoideus ist aus einer seitlichen Partie des M. sternohyoideus hervorgegangen, welche mit ihrem Ursprung vom Brustbein auf dem Wege über den Schultergürtel bis zur Skapula (Omoplata) vorgedrungen ist. Nicht selten sind auf diesem ganzen Wege noch Fasern zurückgeblieben, welche vom Brustbein, Schlüsselbein oder vom Rabenschnabelfortsatz entspringen (M. cleidohyoideus usw.). In der Norm ist nur der äußere Rand der ganzen Platte stehen geblieben als ein sehr schlanker Muskel, der nur als Faszienspanner funktioniert und dieser Spezialaufgabe durch Lage und Länge aufs engste angepaßt ist.

In topographischer Hinsicht werden alle Halsmuskeln, welche in der Nähe der Mittellinie liegen, in zwei Gruppen zerlegt: untere und obere Zungenbeinmuskeln (infra- und suprahyal). Die erste Gruppe wird ausschließlich von eigentlichen Rumpfmuskeln gebildet und hier behandelt. Die zweite Gruppe besteht aus Kopfmuskeln mit Ausnahme des M. geniohyoideus, den ich von dieser Gruppe hier allein beschreibe. Die unteren Zungenbeinmuskeln liegen zum Teil versteckt hinter dem großen Kopfwender (M. sternocleidomastoideus, Abb. 99), die oberen nur hinter dem dünnen Platysma und der Glandula submaxillaris.

Lage und Wirkung der Individuen

Die Ursprünge am Manubrium sterni und an den Rippen liegen auf der Hinterseite der Knochen; der Sternothyreoideus greift weiter hinab als der Sternohyoideus (Abb. 94). Die Lage zum Skelett ist entgegengesetzt derjenigen des Rectus abdominis; denn dieser ist auf der Vorderfläche von Brustbein und Rippen befestigt. Während bei Amphibien noch ein durchlaufender Rektus hinter dem Schultergürtel über die ganze vordere Körperwand hindurchzieht, ist bei höheren Tieren und beim Menschen die Kontinuität unterbrochen. Es hängt vielleicht mit der Entstehung der oberen Brustbeinkante aus dem Episternum zusammen, daß die Halsgruppe des Rektus Beziehungen zu der Unterfläche des Sternum bewahrte (siehe Schultergürtel S. 226), während der Bauchrektus sich auf der Vorderfläche des Thorax mächtiger entwickeln konnte, ohne den Brustinhalt zu beengen.

Die flachen bandförmigen Muskelbäuche der Sternohyoidei konvergieren, die der Sternothyreoidei divergieren nach oben; letztere sind auch etwas breiter, so daß die oberflächlichen Muskeln nicht vollständig die tiefen decken (Abb. 113, 99). Unter ihnen liegen die Halseingeweide, speziell die Schilddrüse und die Luftröhre, welche am Lebenden leicht durchzutasten ist. Ist die Schilddrüse verhärtet oder vergrößert (Kropf), so ist auch sie zu fühlen; sie veranlaßt starke Verbreiterungen oder Verlagerungen der Muskeln. Der Thyreohyoideus, welcher unter dem Sternohyoideus und Omohyoideus liegt, bedeckt seinerseits die Membran, welche den oberen Eingang des Kehlkopfs nach außen schützt (Membrana hyothyreoidea).

Die Ansatzpunkte der Muskeln am Zungenbein sind aus Abb. 360 zu ersehen. Die beiden Geniohyoidei liegen dicht in der Mittellinie beisammen und sind nur durch eine dünne Bindegewebslage voneinander getrennt. Ich sehe hier vom Omohyoideus ab, weil er als Faszienspanner gemeinsam mit den Halsfaszien zu betrachten und zu verstehen ist (siehe unten).

Die Wirkung der Zungenbeinmuskeln auf das Zungenbein und die Halseingeweide kommt wesentlich dem Schluckakt, dem Sprechen, Singen usw. zugute (siehe Bd. II, Pharynx). Für den Unterkiefer und die Öffnung des Mundes hat die hier behandelte Muskulatur die Aufgabe, das Zungenbein festzustellen und den von hier aus zum Kiefer gehenden Muskeln einen Stützpunkt zu geben. Von diesen Muskeln werden die meisten erst später behandelt werden. In fast allen Körperhaltungen, nicht nur in der aufrechten Stellung, wirkt der Unterkiefer durch seine Schwere; bei der Leiche fällt er herab, wenn er nicht künstlich nach oben gebunden wird. Die Aufgabe besteht also darin, der Schwere ein Gegengewicht zu geben, auch wenn der Kiefer gesenkt wird. Dies tun die Kaumuskeln. Die vorderen Halsmuskeln regulieren die Art, in welcher der Unterkiefer gesenkt wird, ob schnell oder langsam, symmetrisch oder unsymmetrisch; sie treten besonders in Tätigkeit, wenn die Öffnung des Mundes gegen einen Widerstand erfolgt und sichern endlich für jede beliebige Körperlage die Möglichkeit, ihn zu öffnen, also auch entgegen der Schwere.

Die Wirkung auf das Brustbein und die Rippen ist natürlich nur gering; immerhin kann sich die Muskulatur bei größter Atemnot beteiligen.

Innervation: Aus C 1—3, manchmal auch C 4 (Thyreohyoideus und Geniohyoideus nur aus C 1 und C 2, letzterer auch aus Nervus hypoglossus). Die Nerven kommen aus der Ansa hypoglossi, die Äste zum Thyreo- und Geniohyoideus

aus dem N. hypoglossus direkt. **Blutzufuhr:** Die unteren Zungenbeinmuskeln aus A. thyreoidea superior und Ramus hyoid. der A. lingualis, der Genioglossus aus A. sublingualis und A. submentalis, der hintere Bauch des Omohyoideus aus A. cervic. superfic., A. transv. colli, A. transv. scap.

Die drei Hals-faszien, Abb. 114

Die Faszien des Halses sind außerordentlich vielgestaltig und individuell wechselnd. Man unterscheidet gewöhnlich drei: Fascia colli superficialis, media und profunda (Abb. 114). Die oberflächliche Faszie steht im Zusammenhang mit zwei Extremitätenmuskeln (Sternokleidomastoideus und Trapezius), welche oberflächlicher als die bisher geschilderten Halsmuskeln liegen und bei der Extremität im einzelnen zu beschreiben sind. Die mittlere Faszie gehört zu den unteren Zungenbeinmuskeln. Die tiefe Faszie bedeckt die Wirbelsäule und die ihr angeheftete (subvertebrale) Muskulatur, welche im nächsten Abschnitt behandelt wird.

Diese Faszien bilden nicht nur Logen für einzelne Muskeln, sondern sind als Membranen zwischen benachbarten Muskeln ausgespannt; sie sind mechanisch wichtige Führungen und Zügel für die Muskelbewegungen. Da Wirbelsäule und

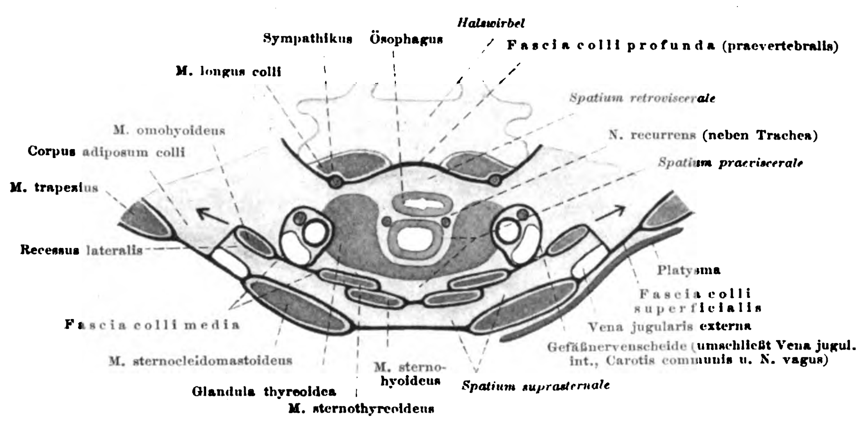


Abb. 114. Querschnitt durch den Hals in der Höhe der Schilddrüse (die Vena jugularis externa ist bereits durch die Fascia superficialis durchgetreten). Die Zwischenräume (Spatia) sind schematisch erweitert wiedergegeben.

Kopf, Brustkorb und Gliedmaße, Halseingeweide und Kiefer vom Hals aus in der verschiedenartigsten Weise und selbständig gegeneinander regiert werden können, so ist die Dicke und Faserrichtung der Faszien innerhalb einer jeden Membran, besonders bei den beiden äußeren, von Punkt zu Punkt sehr verschieden. Es ist deshalb nicht immer leicht, sie im Zusammenhang zu verfolgen oder scharf zu begrenzen. Dies gilt besonders für die mittlere Faszie; die Einteilung in drei Faszien hat also im allgemeinen etwas Schematisches. Doch ist im Auge zu behalten, daß sie für bestimmte Stellen des Halses genau zutrifft. Denn die unter der Beanspruchung durch die Muskeln entstandenen Membranen begrenzen Zwischenräume; diese erfüllen an gewissen Stellen die Aufgabe von Gleitspalten und haben praktische Bedeutung, weil Eiterausbreitungen u. dgl. ihnen folgen. Zungenbein und Kehlkopf bewegen sich beim Schlucken, Sprechen, Husten usw. auf- und niederwärts und gleiten in den von den Halsfaszien gebildeten Spalten. Diese sind mit lockerem Bindegewebe oder an ausgeweiteten Stellen mit Fett ausgefüllt, so daß den nötigen Bewegungen ohne Zwang Spielraum gelassen ist. Dazu tragen auch Nachbarspalten bei, welche Raum schaffen bei Verschiebungen der verdickten Teile des Eingeweiderohrs, z. B. des Kehlkopfs. Die Blutgefäße werden gegen die Bewegungen besonders gesichert und für Drüsen werden Nischen geschaffen, in welchen sie geschützt

liegen. Gerade die unteren Zungenbeinmuskeln spielen bei den Bewegungen der Eingeweide eine besondere Rolle, so daß zweckmäßig die Faszienblätter, die ihnen entsprechend am deutlichsten gesondert sind und im Omohyoideus einen besonderen Spanner erhalten haben, hier beschrieben werden.

Die beiden großen Speicheldrüsen, Glandula submaxillaris und Glandula parotis, liegen in Nischen, welche gerade so wie die Logen für den Sternokleidomastoideus und den Trapezius durch zwei Blätter der oberflächlichen Faszie gebildet werden. Zwischen den letztgenannten Muskeln ist die Fascia superficialis dünn und von Löchern für durchtretende Gefäße (Venen usw.) durchsetzt; sie sinkt besonders oberhalb des Schlüsselbeins hinter das Niveau der beiden Muskeln zurück. Die Haut folgt als sog. „Salzfäßchen", Fossa supraclavicularis major (Abb. 99). Die Glandula thyreoidea erhält in der Fascia media eine besondere Scheide (äußere oder Faszienscheide), welche deutlich getrennt ist von dem eigentlichen Bindegewebsüberzug der Drüse (innere Scheide oder Drüsenkapsel).

Spatien zwischen den Faszien

Zwischen Fascia superficialis und Fascia media liegt das Spatium suprasternale (Abb. 114), ein mit Fett und Venen gefüllter dreieckiger Raum, dessen blindendigende Spitze gegen das Brustbein gerichtet ist. Er ist begrenzt durch die beiden Kopfwender (Sternokleidomastoidei, Abb. 99). Die Basis des Dreiecks liegt in der Höhe der Schilddrüse oder höchstens des Ringknorpels (Kehlkopf) und ist hier abgeschlossen. Die Seiten reichen als Recessus laterales bis an den äußeren Rand des Kopfwenders, wo sie blind endigen (Abb. 114). Der Raum ist allseitig geschlossen und nur durch die eingelagerten Venen je nach deren Füllung veränderlich. Er ist ein elastisches Polster zwischen Luftröhre resp. Fascia media und oberem Eingang des Brustkorbes.

Zwischen Fascia media und Halseingeweiden befindet sich das Spatium praeviscerale, zwischen Speiseröhre und Fascia profunda das Spatium retroviscerale. Beide hängen mit dem Brustinnenraum zusammen, das vordere mit dem Mediastinum anterius, das hintere mit dem Mediastinum posterius. Das vordere ist durch die Schilddrüse, welche in ihm liegt, stark eingeengt. Das hintere ist besonders verschieblich und leicht imstande, Eiterungen, welche vom Verdauungskanal ausgehen, in den Brustkorb weiterzuleiten (retropharyngeale Abszesse).

Der Halssympathikus ist mit der tiefen Faszie verlötet und deshalb durch das Spatium retroviscerale von der Gefäßnervenscheide und vom N. vagus, welcher innerhalb der Scheide liegt, deutlich getrennt (Abb. 114; in Wirklichkeit liegen beide Nerven einander sehr nahe).

Die Chirurgen unterscheiden neuerdings ein drittes Spatium vor der Schilddrüse, welches besonders geeignet ist, um bei Kropfoperationen gegen die unteren Arterien der Glandula thyreoidea vorzudringen, ohne bei deren Unterbindung den Nervus recurrens zu gefährden. Dieses Spatium liegt zwischen M. sternothyreoideus und M. sternohyoideus; es reicht bis zur Gefäßnervenscheide und ist allseitig abgeschlossen.

Faszienspanner als Gefäßmuskeln

Das große Blutgefäßnervenbündel des Halses liegt zu beiden Seiten der Halseingeweide und umfaßt in einer gemeinsamen Bindegewebsscheide die große Schlagader (Arteria carotis communis, medial), die tiefe Halsvene (Vena jugularis interna, lateral) und hinter beiden den Nervus vagus. Die Karotis ist sogar in die Schilddrüse eingegraben (Abb. 114). Das ganze Bündel bleibt stehen, während sich die Eingeweide auf und nieder bewegen. Am gefährdetsten ist die Vena jugularis interna, deren dünne Wand leicht eingedrückt wird. Dann wäre der Abfluß des Blutes vom Kopf gehindert. Es gibt meistens noch eine zweite venöse Bahn, die Vena jugularis externa, welche äußerlich sichtbar vor dem Kopfwender liegt, aber weiter unten in die tiefe Vene einmündet. Beide Venen werden durch besondere Faszienmechanismen offen gehalten. Die Fascia colli media ist zwischen beiden Mm. omohyoidei wie ein dreieckiges Segel ausgespannt, dessen Basis unten an den Schlüsselbeinen und dem oberen Brustkorbrand befestigt ist und dessen Spitze bis zum Zungen-



bein hinauf reicht. Die Faszie umscheidet die Omohyoidei, Sternohyoidei und Thyreohyoidei (Abb. 114). Vom Rand des Omohyoideus aus gehen einzelne Brücken weiter bis auf die Skaleni und den Levator scapulae. Der Omohyoideus wird durch die Faszie in einer Richtung gehalten, welche sehr verschieden ist von der geraden Verbindungslinie zwischen Ursprungs- und Ansatzpunkt des Muskels. Die Zwischensehne bildet einen stumpfen Winkel, dessen Spitze nach der Halsmitte und nach der Haut zu gerichtet ist (Abb. 113). Der hintere Bauch (Venter inferior) des Muskels steht mehr oder minder horizontal, der obere Bauch (Venter superior) vertikal. Zwischen Venter inferior und Schlüsselbein ist nur ein kleiner Zwischenraum übrig (Trigonum omoclaviculare, Abb. 375), der aber sehr stark erweitert werden kann, wenn man den Muskel von der Fascia colli media künstlich ablöst. Da der Muskel aus der geknickten Lage in die gestreckte überzugehen sucht, sobald er sich kontrahiert, so kann das dreieckige Fasziensegel zwischen beiden Omohyoidei durch sie kräftig gespannt werden (in der Richtung der Pfeile, Abb. 114). Die vordere Wand der Vena jugularis interna ist mit der Faszie verlötet und wird durch die Faszie so bewegt, daß das Lumen der Vene sich öffnet. Der Muskel ist zum Gefäßmuskel geworden. Die Vena jugularis externa wird ebenfalls entfaltet an der Stelle, an welcher sie durch die Fascia media hindurchtritt. Auf sie wirkt auch die Fascia superficialis unter dem Einfluß des Kopfwenders.

Die Bewegungen der Venenwände durch die quergestreiften Omohyoidei geschehen gerade so unbewußt wie die Wirkungen der glatten Eigenmuskeln der Gefäße. Bei Verletzungen am Hals kann Luft in die Venen eingesaugt werden, von da in Herz und Lungen gelangen und Gefäßverstopfungen verursachen. Deshalb muß der Chirurg die Venen am Hals doppelseitig unterbinden (zentral- und peripherwärts), ehe er sie zerschneidet.

d) Subvertebrale Halsmuskeln (Longusgruppe, Tab. S. 151, Nr. 20—22).

Longusgruppe, Abb. 115

Am Hals haben die Myotome, als die Rippen rudimentär wurden, den Weg auch auf die Vorderfläche der Wirbelsäule gefunden; sie haben sich ferner von den Halswirbeln auf die Körper der obersten drei Brustwirbel verschoben. Die Richtung auf die Ventralfläche der Wirbel ist beim Wachstum der Myotome des menschlichen Embryo deutlich zu sehen. Man nennt die schmale lange Muskelmasse, welche sich jederseits in die Rinne zwischen Körper und Querfortsätze der Wirbel einschmiegt, die Longusgruppe. Sie liegt subvertebral.

Die Muskelmasse (Tab. Nr. 20—22) ist in sich gefiedert und ganz ähnlich gebaut wie die tiefen Rückenmuskeln. Denn nur eine Partie ist unverändert aus dem vordersten Halsmyotom hervorgegangen: Musculus rectus capitis anterior (Tab. Nr. 20). Er fügt sich zwischen Hinterhauptbein und Atlas ein als kurze breite Muskelplatte; gelegentlich geht er auf den Epistropheus über und enthält dann schon Teile von zwei Myotomen (Abb. 115b, rot gestrichelt). Bei den übrigen Teilen des Longussystems ist die Verschmelzung mehrerer Myotome zu langen Muskeln geradeso ausgeprägt wie am Rücken. Die Anordnung der Fasern ist schräg, und zwar dienen Wirbelkörper und vordere Höcker der Querfortsätze als Ansatzpunkte. Man kann die Bündel mit dem transversospinalen, spinotransversalen und interspinalen System der tiefen Rückenmuskulatur vergleichen; nur sind die Fasern, welche am Rücken den Wirbeldorn benutzen, hier am Wirbelkörper befestigt.

Äußerlich läßt sich die Gruppe der Longi außer in den Rectus anterior noch in zwei Muskeln zerlegen, welche nicht immer deutlich getrennt sind, aber dadurch voneinander unterschieden werden können, daß die Insertionen des einen nur zu Wirbeln, die des anderen nur zum Schädel gehen: Longus

colli und Longus capitis (Tabelle Nr. 21, 22). Der erstere liegt tiefer, unmittelbar auf dem Ligamentum longit. ant. der Wirbelsäule und ist mit diesem verbunden, der letztere liegt teilweise auf dem Longus colli und auf der Membrana atlantooccipitalis anterior. Die Faserrichtung geht aus dem Schema Abb. 115b und den Angaben der Tabelle hervor. Die Unterteilung des Longus

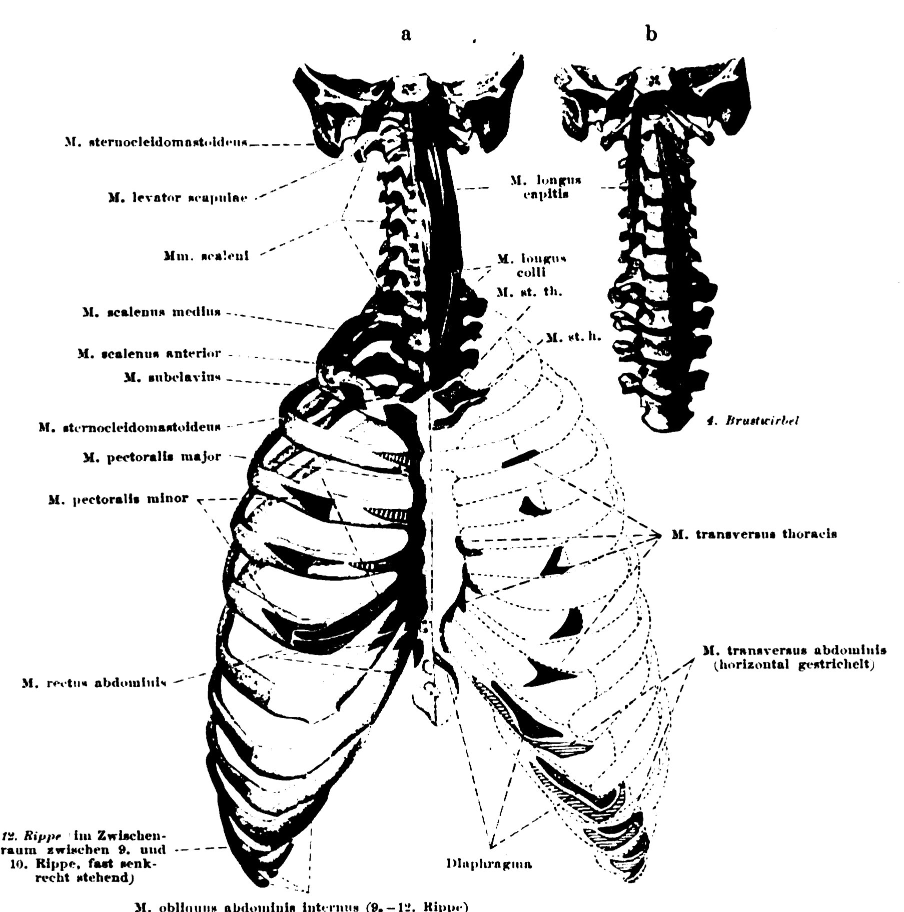


Abb. 115a. Ursprünge (rot) und Insertionen (blau) der Brust- und Halsmuskeln am Stammskelett. Ansicht von vorn. Links ist das Skelett durchsichtig gedacht (gestrichelte Konturen): Befestigungen der Muskeln an der Innenseite. Es ist die subvertebrale Longusgruppe eingetragen. Rechts sind die inkonstanten Teile der Ursprünge (Pectoralis major) vertikal gestrichelt. Serratus anterior und Obl. abd. ext. weggelassen (vgl. Abb. 116). 115b. Faserrichtung der Longusgruppe, Schema. Schädelbasis mit Hals- und oberen Brustwirbeln. Rechte Seite: Faserrichtung des Longus capitis; linke Seite: Faserrichtung des Longus colli. Auf beiden Seiten ist die Richtung des Rectus capitis anterior eingetragen.

colli in drei Teile entspricht der Richtung der Fasern im Inneren des Muskels und unterliegt mannigfachen Variierungen.

Das Muskelfleisch ist von vielen Sehnen durchsetzt (Abb. 115a). Bei beiden Longi sind Schaltsehnen oberflächlich in dem oberhalb des 6. Halswirbels liegenden Abschnitt deutlich; sie entsprechen den Stellen, an welchen die Ränder des Schildknorpels auf der Fascia colli profunda auf und ab gleiten.

Das Longussystem neigt den Kopf nach vorn (Rectus capitis anterior et Longus capitis) und beugt den Hals nach vorn, nach der Seite oder dreht ihn (Longus colli), je nachdem die Muskeln beiderseits oder einseitig wirken. Die

Muskelbündel sind zum Teil Synergisten, zum Teil Antagonisten zu den dorsalen Kopf-, Hals- und Brustmuskeln bei den Haltungen und Bewegungen des Kopfes und der Wirbelsäule im Stehen und Gehen; sie können Bewegungen des oberen Teiles der Brustwirbelsäule bei der Atmung unterstützen.

Innervation C 1—8. Blutzufuhr: A. vertebralis in allen Abschnitten; in dem unteren Abschnitt auch A. cervicalis asc. und prof., obere Interkostalgefäße, in dem oberen Abschnitt A. pharyngea asc.

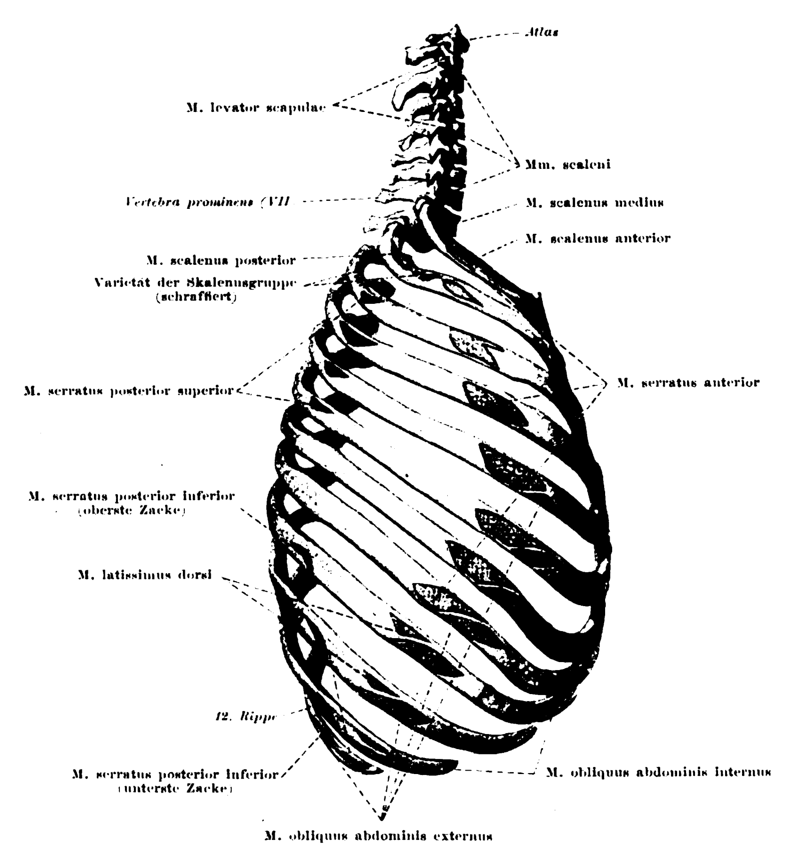


Abb. 116. Wie 115a, Ansicht von der Seite. Die Insertionen des Splenius an den oberen Halswirbeln sind weggelassen. Die Insertionen eines überzähligen Skalenus (S. 203) sind blau schraffiert.

III. Die vordere Rumpfwand als Ganzes in Ruhe und Bewegung.

Arbeitsteilung zwischen Rücken und vorderer Rumpfwand

Die vordere Körperwand (Hals, Brust, Bauch) kann als integrierender Bestandteil des Rumpfes sehr erheblichen Anteil an allen Körperhaltungen und -bewegungen haben. Es kommen zu den bisher beschriebenen autochthonen Bestandteilen der Rumpfwand noch Extremitätenmuskeln hinzu (Schultermuskeln), welche eine ganz beträchtliche Entfaltung auf der Brust und auf dem Rücken gewonnen haben und deshalb an den Wirkungen der eigentlichen Rumpfmuskeln mit beteiligt sind. Sie werden in dem hier anschließenden Abschnitt beschrieben. Überblickt man die wirkliche Betätigung aller Muskeln im ruhigen Stehen, Gehen und Sitzen und abstrahiert von denjenigen Möglichkeiten, welche potentiell im Bewegungsapparat schlummern, aber erst bei komplizierteren Tätigkeiten aktiviert werden, so ist die Rückenmuskulatur mehr



für die Haltung des Rumpfes, die Brust-, Bauch- und Halsmuskulatur mehr für die Einwirkung auf die Eingeweide, besonders für die Atmung benutzt. Der Vorteil dieser Arbeitsteilung liegt darin, daß jeweils eine der beiden großen Rumpfflächen für die betreffende Tätigkeit relativ frei, für sie bereit ist. Er entspringt aus der aufrechten Körperhaltung des Menschen, in welcher das labile Körpergewicht mit benutzt wird, um die jeweilige Stellung zu regulieren und die Muskeln zu entlasten. Daß Vorteile für die Atmung gerade in der aufrechten Rumpfhaltung begründet liegen, wird bei starker Atemnot klar, bei welcher die Kranken nur im Sitzen zu atmen vermögen (Orthopnoe).

Es können allerdings jederzeit, sowie größere Anforderungen auftreten, Rückenmuskeln mit zur Atmung und vordere Rumpfmuskeln mit zur allgemeinen Körperhaltung und -bewegung benutzt werden. Die Mitbeteiligung der letzteren ist für die einzelnen Muskeln und Muskelgruppen in der Einzelbeschreibung hinreichend auseinander gesetzt, ebenso die Einwirkung der Bauchmuskeln auf den Bauchinhalt (Bauchpresse, S. 184 usf.). Die Form des Halses wird beim Kopf und die Beziehung der Halsmuskeln zu den Halseingeweiden wird im Zusammenhang erst bei letzteren behandelt werden (Schlucken usw., Bd. II). Hier ist alles zusammenzustellen, was an Teilen des Bewegungsapparates für die Hauptaufgabe der vorderen Körperwand, die Atmung, benutzt wird und wie sie benutzt werden. Neben dem Herzen ist im Atemmechanismus ein zweites Perpetuum mobile unseres Organismus vorhanden, dessen Normalbetrieb nicht nur durch eine große Zahl von Einrichtungen besorgt, sondern darüber hinaus durch die vielfältigsten Sicherungen „bis zum letzten Atemzug" gewährleistet ist.

Form des Brustkorbes in der Ruhe

Von der größten Bedeutung ist die Form des Brustkorbes (Thorax). Der Thorax besteht aus einer Fülle einzelner Skelettstücke und Muskeln, die so zusammengefügt sind, daß er in der Ansicht von vorn und im Frontalschnitt kegelförmig aussieht, mit etwas nach außen gebauchten Seitenwänden (Abb. 115, 95, 112). Die vordere Wand des Kegels hat unten einen Ausschnitt, in welchen die weiche Bauchdecke eingefügt ist; weil die Rippen hier von vorn nach hinten zurückweichen, hat der Thorax in der Profilansicht die Form eines Eies (oder einer Olive, Abb. 116, 94). Flächen- und Profilansicht unterscheiden sich auch deswegen so sehr, weil der Brustkorb stark von vorn nach hinten abgeplattet ist. Je mehr dies der Fall ist, um so mehr nähert sich der Schwerpunkt des Rumpfes beim aufrechten Stehen der Wirbelsäule. Bei Vierfüßlern springt dagegen das Brustbein kielförmig vor (Abb. 154). Die Wirbelsäule andererseits nähert sich beim Menschen dem Mittelpunkt des Thorax von der anderen Seite, da sie von hinten in den Brustkorb und in die Bauchhöhle eingeschoben wird (Abb. 108, 80, 81); dies ist auch für die Form und Lage der Lungen und der Rückenmuskeln von Bedeutung (S. 144). Daß unser Brustkorb auf dem Querschnitt Nierenform hat (mit der Wirbelsäule am Pol der Niere), ist also eine Folge des aufrechten Ganges. Oben hat der Brustkorb eine von den beiden ersten Rippen, dem Manubrium sterni und der Wirbelsäule umgrenzte relativ enge Öffnung: Apertura thoracis superior (Abb. 119), welche schräg steht und durch welche die Kanäle für Luft und Nahrung, außerdem zahlreiche Gefäße und Nerven hindurchgehen. Unten ist zwar eine sehr weite Öffnung der Brustkorbwand, Apertura thoracis inferior, durch die Abdominalrippen (Rippenbogen und freie Rippen), durch das Brustbein und durch die Wirbelsäule umrahmt, aber die Apertur ist durch das Zwerchfell so verschlossen, daß die Speiseröhre, Gefäße und Nerven nur durch gewisse Löcher und Spalten in diesem besonders beweglichen Boden des Brustkorbes hindurchgelassen werden (Abb. 61, 107).



Im ganzen ist der Brustkorb demnach ein abgeplatteter abgestumpfter Kegel, in welchen von hinten die Wirbelsäule und von unten der Rippenbogen tief einschneiden und dessen Basis, das Zwerchfell, bis zur halben Höhe des Kegels empor gewölbt ist. Trotzdem die Abweichungen von der Kegelform ganz beträchtlich sind, muß man letztere besonders im Auge haben, weil die Beurteilung eines so komplexen Gebildes wie des Brustkorbes praktischerweise von einer bestimmten Ansicht auszugehen hat. Das ist seit jeher und natürlicherweise die Frontansicht des Menschen, für welche die Kegelform typisch ist. Sie wird beim Lebenden zum Teil verdeckt durch den aufliegenden Mantel von Skeletteilen und Muskeln des Schultergürtels, welcher der Brust im allgemeinen gerade die umgekehrte Form gibt, wie die des Brustkorbes selbst. Denn der kegelförmige Thorax verjüngt sich nach oben, die Brust im ganzen verbreitert sich dagegen nach den Schultern zu (Abb. 96, 100). Trotzdem ist es leicht, den Brustkorb durch die darüber gelagerten Gebilde hindurchzusehen. Denn in alle Spalten zwischen letzteren sucht der Luftdruck die Haut nach dem Brustkorb zu hineinzudrängen (Infra- und Supraklavikulargruben), und die Form der Brustmuskeln (Pektorales) folgt aus der gleichen Ursache während der Muskelruhe der Form des Brustkorbes. Die hintere Begrenzung der oberen Apertur, welche schräg von vorn nach hinten ansteigt, ist für das geübte Auge konstruktiv aus der Führung der seitlichen Nackenlinien leicht abzuleiten. Der Rippenbogen und die Stellung der freien Rippen sind im Relief der Vorderfläche und im Seitenkontur des Rumpfes festgelegt und ergeben die Form der unteren Apertur. Der nackte Mensch ist so durchsichtig für jeden, der auf diese Dinge achtet, daß der Arzt nie versäumen sollte, mit dem Auge die Form des Lebenden genau zu studieren.

Hier begegnen sich naturwissenschaftliches und künstlerisches Studium der Form. Da alles im Körper konstruktiv zusammenhängt, so muß das Verborgenste irgendwo in der Haut (d. h. der Oberflächenplastik) spürbar werden. Das Wort Goethes: „Es ist nichts in der Haut, was nicht im Knochen ist", ist für alle Systeme richtig. Das instinktive Verständnis der Menschen für Formen ist sehr groß; der Rapport zwischen Künstler und Publikum beruht zum Teil darauf, daß die Linien im Kunstwerk, die vom Künstler von innen heraus konstruiert sein müssen, vom Beschauer auch als naturgegeben empfunden werden. Wie der Künstler kann besonders der Arzt das Auge durch das Studium der Details des Körpers für die Bauprinzipien und deren Auswirkung auf der Körperoberfläche schärfen. Die Betrachtung des nackten Menschen ist dazu unentbehrlich; eine nicht zu geringe Distanz und gute (nicht diffuse) Beleuchtung sind erforderlich.

Außer der Inspektion mit dem Auge ist die Palpation mit dem tastenden Finger imstande die Form des Brustkorbes beim Lebenden festzustellen. Am vorzüglichsten, aber oft nur für den Fachmann verständlich, ist das Röntgenbild, welches in allen zweifelhaften Fällen befragt werden sollte; dadurch sind erst die Erfahrungen an der Leiche für den Lebenden kontrollierbar geworden. Ich stütze mich bei der Analyse der Atmungsbewegungen wesentlich auf die Beobachtungen am Röntgenschirm. Bei der üblichen Betrachtung von vorn (Frontalansicht) hat der gut gebaute Brustkorb im Röntgenbild mit den beiden Höhlen für die Lungen und dem Mittelpfeiler des Mediastinum die Form eines Spitzbogenfensters mit etwas gedrückter Spitze (Frühgotik, Abb. 117).

Aufgaben der Atmung, Atemtypen

Das Ziel der Atmung ist, durch die Atemzüge einen Teil der verbrauchten Luft aus den Lungen zu entfernen und durch frische zu ersetzen. Das durchschnittliche Quantum beträgt einen halben Liter pro Atemzug und die Zahl der Atemzüge 16—20 pro Minute. Diese Zahlen kennzeichnen die ruhige Atmung. Bei stärkeren Anstrengungen, vielen körperlichen Verrichtungen und psychischen Veränderungen nehmen Atemtiefe und -frequenz zu, ohne abnorm zu werden; reicht der Körper mit dem Mehr nicht aus, so spricht man von Dyspnoe. Gewöhnlich genügt eine relativ geringe Ventilation der Lungen, um den zum Leben erforderlichen Sauerstoffbestand des Blutes zu erhalten und die schädliche Kohlensäure zu entfernen. Von dem halben Liter Luft, welchen



jeder Atemzug in die Lungen befördert, wird die Gesamtluft, welche mit dem Blut in Gasaustausch steht, nur um $^{1}/_{2}{}^{0}/_{0}$ reicher an Sauerstoff und ärmer an Kohlensäure, als sie vor dem betreffenden Atemzug war. Da jedoch diese geringe Veränderung in jeder Atemphase bewirkt wird, genügt die Gesamtsumme, um das Blut, welches aus der Lunge ab- und dem Körper zufließt, ständig arteriell zu erhalten. Die einzelne Ventilation ist auf ein Minimum an Muskelarbeit beschränkt. und der Effekt für das Blut, das gleichmäßig viel Sauerstoff erhält, von der Einzelbewegung möglichst unabhängig.

Die Atembewegungen sind das Mittel, mit welchem die Ventilation der Lunge erreicht wird. Sie sind sehr verschieden, je nachdem die Atmung ruhig oder forciert ist. Nur die gewöhnliche „ruhige" Atmung stellt geringe Anforderungen an den Bewegungsapparat, der in diesem Fall ein viel kleineres Quantum Luft zu befördern hat und deshalb mit viel weniger Muskeln auskommen kann als bei Steigerung der Tiefe der Atemzüge. Denn der Gasverbrauch ist bei allgemeinen Körperbewegungen oft auf das 8—10fache des gewöhnlichen Quantums gesteigert. Wir müssen deshalb bestimmte Kombinationen von Atemmuskeln und bewegten Skeletteilen unterscheiden. Jede dieser Kombinationen ist für einen bestimmten Atemtypus in Gebrauch.

Die beiden Atemphasen

Alle Typen haben das gemeinsam, daß sie in irgend einer Weise den Brustraum, in welchem die beiden Lungen luftdicht eingeschlossen liegen, zu vergrößern vermögen. Da die Lungen durch Luftröhre, Nase und Mund mit der äußeren Luft in Verbindung stehen, so lastet auf ihrem Inneren ständig der Druck der Atmosphäre. In dem Augenblick, in welchem der Brustkasten vergrößert wird, müssen die Lungen sich unter dem Druck dieser in ihrem Inneren wirkenden Kraft entsprechend ausdehnen; täten sie es nicht, so würde ein negativer Druck zwischen ihnen und der Brustwand entstehen. Die Dehnbarkeit des Lungengewebes läßt das nicht zu (Reichtum an elastischen Fasern). Die Lungen werden durch die Vergrößerung des Brustkorbes gleichsam angesaugt; sie saugen ihrerseits die Luft von außen an wie eine Saugpumpe das Wasser: Inspiration, Inspirium (Abb. 112; man vergleiche das Zwerchfell mit einem Pumpenstempel). Die Muskeln verbrauchen bei der Vergrößerung des Brustraumes so viel an Kraft, wie zur Dehnung der Lunge nötig ist. Arbeit der Atemmuskulatur und Elastizität des Lungengewebes beherrschen das Spiel der Kräfte beim ganzen Luftwechsel. Denn die inspiratorisch gedehnte Lunge versucht in die Ruhelage zurückzuschnellen. Alle Bewegungen, welche den Brustkorb zu verkleinern vermögen, werden durch die Elastizität der Lunge unterstützt: Exspiration, Exspirium. Die inspiratorische und exspiratorische Phase sind die beiden fundamentalen Bewegungsvorgänge der Atemmechanik.

Die wirksamste Art der In- und Exspiration

Die wirksamste Kombination von allen unserem Körper für die Inspiration zur Verfügung stehenden Einrichtungen, welche wir in den speziellen Kapiteln kennen gelernt haben, ist eine aktive Spannung des Zwerchfells mit gleichzeitiger Erschlaffung der Bauchdecken, eine aktive Hebung der Rippen und Streckung der Wirbelsäule. Das Zwerchfell findet dann keinen Widerstand durch den intraabdominalen Druck, sondern erweitert den Thorax nach unten, da sich der Boden des Brustraumes senkt. Die Rippen dagegen erweitern den Brustkorb nach oben, je mehr sie sich heben. Beide Mittel führen zu einer Ausdehnung des Brustraumes in der Längsrichtung. Die Rippenbewegungen vergrößern ihn gleichzeitig in die Breite und Tiefe, weil die Bewegungen um die Rippenachsen in diesem Sinne zwangsläufig sind, wie beim Rippenmechanismus im einzelnen nachgewiesen wurde (Abb. 92).

Verlängert wird der Thorax außerdem durch Streckung der Brustwirbelsäule; in der Tat wird der Mensch bei kräftiger Einatmung um einige Millimeter



größer. Die Vergrößerung des Brustkorbes betrifft in diesem Falle alle Richtungen seines Innenraumes.

Eine möglichst wirksame Exspiration wird durch aktive Spannung der Bauchdecken bei Erschlaffung des Zwerchfells, durch aktives Senken der Rippen und stärkere Krümmung der Wirbelsäule erzielt.

Bei der wirksamsten In- und Exspiration können sämtliche Muskeln beteiligt sein, welche an den Rippen und Wirbeln befestigt sind oder den Bauch bilden, mögen sie als Unterstützungspunkte für die Entfaltung ihrer Kräfte den Rumpf, die Gliedmaßen oder den Kopf beanspruchen und deren Muskeln mit in Tätigkeit versetzen, um die Unterstützungspunkte festzustellen. Es gibt nur wenige Muskeln, welche die Atmung nicht irgendwie zu fördern vermöchten. Die Atembewegungen gehören potentiell zu den universellsten des Körpers. Die Atmung wird deshalb hier behandelt, weil die meisten für sie wichtigen Teile des Bewegungsapparates bereits aus dem Vorhergehenden bekannt sind und das Fehlende (Gliedmaßen und Kopfmuskeln, soweit sie bei ihr beteiligt sein können) nur im Überblick erwähnt zu werden braucht, um das Verständnis zu ermöglichen.

Reguläre und auxiliäre Atemmuskeln

Das Heer von aktiven und passiven Bewegungseinrichtungen, welche bei der Atmung wirksam werden können, gliedert sich in Truppen 1. und 2. Linie (reguläre Atemmuskeln) und in Reserven (auxiliäre Atemmuskeln). Um zu verstehen, wie und wann sie eingreifen, müssen wir von einem Zustand ausgehen, in welchem das Spiel der Kräfte im Gleichgewicht ist. Der Thorax federt nach oben, wenn das Brustbein bei der aufrecht gestellten Leiche quer durchsägt und dadurch der Brustkorb oberhalb der Sägestelle vom Gewicht der Bauchorgane abgetrennt ist (Braunescher Versuch). Er tut dies trotz der Last des Schultergürtels und aller Muskeln, die zu diesem gehören, weil dem Brustkorb von dem Schulterapparat Spielraum genug gelassen wird, um sich bewegen zu können. Denn die Schultermuskeln sind zum Teil bis auf die Wirbelsäule gewandert (Abb. 9) und außerdem am Kopf befestigt; dadurch wird nicht nur eine größere Wirkung dieser Muskeln für die Extremität erzielt, sondern für den Brustkorb der besondere Vorteil gewonnen, daß nicht er, sondern Wirbelsäule und Kopf größtenteils das Gewicht der Gliedmaße zu tragen haben (Abb. 103, mittels des M. levator scapulae, rhomboides, trapezius, sternocleidomastoideus). Es gehört mit zu den vitalen Vorbedingungen der aufrechten Körperhaltung, daß zahlreiche Muskeln am Rücken und Kopf vorhanden waren, um den Schultergürtel zu tragen, als sein Gewicht bei der Aufrichtung des Körpers die Brustwand zu belasten drohte. Beim Lebenden genügt unter normalen Verhältnissen der Tonus dieser Muskeln, um Schultergürtel und -muskeln genügend zu lüpfen; bei Dyspnoe kontrahieren sie sich aktiv, oder sie werden passiv entlastet durch Aufstemmen der Arme auf eine feste Unterlage (Tischrand, Stuhlrücken), was schwer nach Luft ringende Patienten nicht selten zeigen. Sinkt dagegen bei starker Anstrengung der Arme die Last des Schultergürtels und seiner Muskeln auf den Brustkorb hinab, um einen festen Stützpunkt zu haben, so sistiert auch beim Gesunden die Atmung!

Umgekehrt kann durch tiefes Inspirium der Thorax gehoben und festgestellt werden. Der Laokoon ist dafür das klassische Beispiel. Sein „beklemmtes Seufzen" ist nicht nur ein psychisches, sondern auch ein lebenswahres mechanisches Symptom höchster Spannung im Lessingschen Sinne.

Mehr als die Schulter- und Brustmuskeln wiegt die Gesamtheit der Bauchdecken und Bauchorgane, die zwar vom Becken gestützt, aber in der aufrechten Stellung größtenteils vom Brustkorb getragen werden. Ihr Gewicht und der elastische Zug der Lunge stehen bei einer mittleren Stellung des Thorax mit der Federkraft des Brustkorbes im Gleichgewicht, wie der Braunesche Versuch beweist.

Die Mittelstellung ist die wahre Gleichgewichtslage. Aus ihr wird der Thorax inspiratorisch in erster Linie durch die Interkostalmuskeln bewegt. Die Rippen werden wie der Zug einer Ziehharmonika gehoben. Die oberen Rippen sind dabei durch den Tonus der Skaleni als Stützpunkt festgestellt. **In- und exspiratorische Muskeln**

Als Truppen zweiter Linie heben die Skaleni und ebenso die Serrati posteriores superiores durch eigene Kontraktion den oberen Teil, das Diaphragma den unteren Teil des Brustkorbes. Als auxiliäre Muskeln können in Ausnahmefällen die beiderseitigen Brustschultermuskeln (Serratus anterior, Pectoralis major et minor, Latissimus, Subclavius) und sogar Halsmuskeln (Sternocleidomastoideus) eingreifen; doch ist dazu erforderlich, daß Kopf und Wirbelsäule durch andere Muskeln (Strecker) festgestellt und daß die Arme unter Umständen durch die Hände an einem festen Gegenstand so fixiert sind, daß sie nicht nachgeben, sondern einen festen Stützpunkt sichern. Das Aufstemmen der Arme bei Dyspnoe kann also in doppelter Hinsicht die Atmung fördern.

Läßt der Muskelzug nach, so geht der Brustkorb von selbst in die Gleichgewichtslage (Mittelstellung) zurück. Andere Muskeln übernehmen die exspiratorische Senkung aus der Gleichgewichtslage nach unten. Es sind die Intercostales interni, Serrati posteriores inferiores und Transversi thoracis, also sehr versteckt liegende Muskeln. Läßt die Wirkung der Exspiratoren nach, so federt der Brustkorb von selbst in die Gleichgewichtslage zurück.

Als auxiliäre Exspiratoren greifen die vorderen und hinteren Bauchmuskeln, vor allem die Transversi abdominis ein; auch tiefe Rückenmuskeln (Iliokostalis und Longissimus) können beteiligt sein.

Die Tätigkeit der Muskeln ist nicht so scharf getrennt, wie man nach dieser Analyse der In- und Exspiratoren beim wirksamsten Atemtypus denken sollte; wie bei allen antagonistisch wirkenden Muskeln reizt die Kontraktion der einen Gruppe reflektorisch die andere, so daß nicht nur von der Gleichgewichtslage, sondern von jeder Stelle aus aktive und passive Kräfte zusammenarbeiten, um das Spiel der Luft zu regulieren.

Man faßt alle genannten Bewegungen, weil an ihnen die Rippen beteiligt sind, zusammen als den kostalen (sternokostalen oder thorakalen) Typus der Atmung. Unter abdominalem Typus wird diejenige Bewegung verstanden, welche ohne direkte Beteiligung der Rippen verläuft. Die Bauchmuskeln und speziell das Zwerchfell, an welche die Bezeichnung „abdominal" zu denken verleitet, können auch bei der kostalen Atmung mitwirken (siehe oben). In diesem Fall ist das Kennzeichen für die Benennung eben die Wirkung auf die Rippen. Es ist aber möglich, daß sich das Zwerchfell kontrahiert, ohne die Rippen zu bewegen. Sie müssen dabei durch den Tonus aller an ihnen befestigten Muskeln, insbesondere durch die Intercostales und Serrati posteriores inferiores, fixiert sein. Nur unter dieser Voraussetzung kommt die Bewegung des Zwerchfelles unmittelbar der Vergrößerung des Brustraumes zugute. Denn heben sich die Rippen, so geht das Zwerchfell um so viel mit, daß der Effekt seiner Abflachung dadurch ausgeglichen werden kann und daß das Längenmaß des Brustkorbes unter Umständen das gleiche bleibt oder sogar abnimmt (paradoxe Stellung, S. 218). „Abdominal" heißt die Art der Atmung, bei welcher die Rippen stille stehen, weil die Bauchdecken um so mehr nach außen ausweichen, je mehr sich das Zwerchfell senkt und weil man diese passive Vorwölbung des Bauches am Lebenden deutlich sieht (besonders gut in der Profilansicht). **Kennzeichen der kostalen und abdominalen Atmung**

Die Bauchdecken werden beim abdominalen Typus nicht aktiv gebraucht; das ist im Gegenteil manchmal beim kostalen Typus der Fall, beim abdominalen sind sie immer rein passiv bewegt.

Die Bewegung ist oft auf das Epigastrium beschränkt. Der Arzt zählt die Atemzüge unbemerkt vom Kranken durch vorsichtiges Auflegen der Hand auf diese Stelle, etwa unter der Bettdecke, um nicht durch psychische Faktoren den Rhythmus zu verändern. Die Vergrößerung des Brustraumes vollzieht sich bei der abdominalen Atmung nur in einer Richtung, in der Längsachse des Thorax.



Ruhige und forcierte Atmung

Die ruhige Atmung kann eine rein abdominale Bewegung in diesem Sinne sein (d. h. ohne Bewegung der Rippen). Das Zwerchfell senkt sich, indem es sich kontrahiert, mit beiden Kuppeln (weniger mit dem Centrum tendineum) und wickelt sich dabei von der Brustwand ab (Abb. 112). Denn im Exspirium liegt die senkrecht stehende Zwerchfellpartie ringsum der Brustwand an (Sinus phrenicocostalis). Die Spalte zwischen beiden ist ausgekleidet vom Brustfell (rot). In dem Maß, in welchem sie sich öffnet, schlüpft der untere Lungenrand (blau) in sie hinein, so daß nie ein luftleerer Raum entstehen kann. Man spricht zwar von einem Komplementär-„raum" und versteht darunter den Platz, welcher durch die stärkste Abwicklung des Zwerchfells an seinem Ursprung von den Rippen geschaffen werden kann. Dieser „Raum" ist aber immer nur potentia vorhanden. Weitet sich die kapillare Spalte zu einem wirklichen Raum, so muß er gefüllt sein durch die Substanzen, welche sein Zustandekommen bewirken und seinen Inhalt darstellen (geblähte Lunge, pathologische Ergüsse). Der negative Druck ist auch nur virtuell vorhanden. Die Ansaugung der Lunge durch das Zwerchfell (und die Brust-

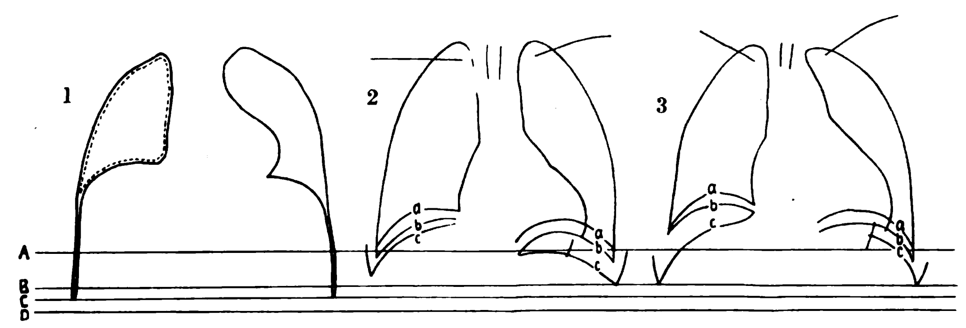


Abb. 117. Zwerchfell bei der Leiche, im Stehen und Liegen des Lebenden. Ansicht von vorn. Abb. 1 (Leiche) nach Abb. 112, Abb. 2 (Lebender, stehend) und Abb. 3 (derselbe Mann wie in Abb. 2, liegend), nach Röntgenaufnahmen von Jamin (aus Grödel, Röntgenatlas), Abb. 2 und 3 sind Orthodiagramme, d. h. nicht verzerrte Röntgenschatten. a Exspirationsstellung des Zwerchfells, b ruhige Inspiration, c forcierte Inspiration. Die Horizontalen A—D setzen die Stellung des Zwerchfellschattens beim Lebenden in bezug zur Körperwand (Abb. 1). A Exspirationsstellung (auf der linken Körperseite) bei ruhiger Atmung (Beginn des Komplementärraumes und Lage des phrenikokostalen Winkels, S. 219, bei Stellung a). B tiefster Punkt, den die Lunge beim normalen Menschen erreicht (Beginn des Komplementärraumes und Lage des phrenikokostalen Winkels bei Stellung c). C tiefster Punkt der Pleura parietalis (Ende des Komplementärraumes). D Ursprung des Zwerchfells an den Rippen. In Abb. 1 ist die Pleura parietalis mit ausgezogenen Linien, die Pleura visceralis mit gestrichelter Linie eingetragen. In Abb. 2 und 3 ist die Stellung der Klavikula angegeben.

wand überhaupt) verläuft unter dem Bild einer Adhäsion der Pleurablätter (blau an rot, Abb. 112). Die Lunge wird beim ruhigen Atmen nur so weit gedehnt, daß die Zwerchfellkuppeln um 2 cm sinken und daß entsprechend viel vom Sinus phrenicocostalis geöffnet wird. Der Komplementärraum wird dadurch nur wenig beansprucht.

Bei tiefen Atemzügen (forciertes Atmen) kann die Verschiebung des unteren Lungenrandes in den Sinus hinein bis zu 7 cm betragen; es bleibt aber immer noch ein Rest der Spalte uneröffnet, weil die Muskelfasern des Zwerchfells in dem Maß, als es sinkt, verkürzt werden und an Kraft verlieren (Abb. 117, zwischen B und C). Nur bei gleichzeitiger starker Hebung der Rippen kann der Komplementärraum aktiv ganz geöffnet werden, weil dadurch das Zwerchfell an Hubhöhe gewinnt (Abb. 118, 2, rechts vom Beschauer). Bei forcierter Atmung setzt deshalb sofort die Rippenatmung ein, um das Zwerchfell in seiner Eigenwirkung zu unterstützen und den Brustraum im ganzen stärker zu vergrößern. Sie ist eine gemischte Atembewegung (kostoabdominaler Typus).



In den Abb. 117 und 118 kann man den kostalen Typus daran erkennen, daß der Kontur der seitlichen Rippenwand nach außen ausweicht (Stellung c). Es ist in den Abbildungen nur die unterste Stelle des Seitenkonturs für diese Phase gezeichnet (siehe „phrenikokostaler Winkel“ im Röntgenbild, S. 219).

Bei pathologischen Ergüssen in den Brustraum (pleuritisches Exsudat, Eiter, Blut, Luft) wird der Komplementärraum ganz eröffnet, indem das Zwerchfell passiv hinabgedrückt wird.

Stürmische aktive Abwickelungen des Zwerchfells von der inneren Brustwand kann man in günstigen Fällen außen am Körper wahrnehmen, weil die Zwischenrippenwände etwas nachgeben. Sie sinken in einer fortschreitenden Welle ein, welche bei guter Beleuchtung auf der Haut einen leichten Schatten wirft (GERHARDT-LITTENsches Phänomen).

Beide Geschlechter haben an sich die gleiche Atmungsart. Doch ist beim Mann der abdominale Typus durchschnittlich reiner zu finden als bei der Frau. Individuelle Verschiedenheiten (Angewöhnung, äußere Verhältnisse) spielen eine große Rolle, weil die kostale Atmung jederzeit bereit steht, um in die abdominale einzugreifen. Besonders leicht erfolgt der Wechsel bei schnürenden Kleidungsstücken (Korsett, Rock- und Hosenbünde), welche die unteren Rippen nach innen drängen, oder bei habituell schmalem Brustkorb mit tief stehendem Zwerchfell (S. 218); die Atmung ist bei der Frau besonders oft kostal (oder kostoabdominal), weil bei ihr diese Momente besonders häufig zutreffen. Dieser Typus fällt bei ihr besonders auf, weil Brüste und Kleidung oft die Bewegungen des Brustkorbes größer erscheinen lassen als sie in Wirklichkeit sind. Im Schlaf überwiegt bei beiden Geschlechtern die kostale Atmung (siehe unten). Scheinbarer Einfluß des Geschlechtes

Die Körperhaltung beeinflußt die Mechanik der Atmung, weil der Druck der Baucheingeweide auf das Zwerchfell sowie die Eigenschwere und Belastung des Brustkorbes bei den verschiedenen Stellungen sehr verschieden wirken. Doch ist die ruhige Atmung am wenigsten beeinflußt; sie kann immer rein abdominal sein (Abb. 117 und 118, Stellung a und b; der Seitenkontur des Brustkorbes weicht in diesen Stellungen nicht nach außen aus). Die forcierte Atmung (gemischter Typus, Stellung c) ist stark veränderlich. Bei aufrechtem Stand des Menschen (Abb. 117, 2) ist die Exkursion der Rippen nach den Seiten und die Senkung des Zwerchfells geringer als in Rückenlage (Abb. 117, 3). Denn in letzterer drücken die Baucheingeweide, besonders die Leber, den vorderen Teil des Zwerchfells kranialwärts. Im Röntgenschatten äußert sich das durch Verkürzung der Brustinnenräume in der Längsachse, besonders auf der rechten Körperseite. Je höher das Zwerchfell steht, um so leichter kann es sich senken, weil seine Fasern in dieser Ausgangsstellung die größte Verkürzungsmöglichkeit haben; die hintersten Fasern haben die günstigste Ausgangsstellung von allen. Bei Rückenlage des Menschen senkt sich deshalb das anfangs gehobene Zwerchfell im Inspirium stark, besonders hinten beiderseits und vorn rechts (Abb. 117, 3). Der Brustkorb ist bei Rückenlage durch sein Gewicht im anteroposterioren Durchmesser abgeflacht und hat deshalb in dieser Lage eine stärkere inspiratorische Hubhöhe als im Stehen. Mit der stärkeren kostalen Exkursion im Liegen hängt es zusammen, daß im ruhigen Schlafen mehr kostal als abdominal geatmet wird. Einfluß der Körperhaltung

Die Beteiligung der Rippen äußert sich besonders als laterale Atmung (S. 158) und ist auf dem Röntgenschirm in der Durchleuchtung von vorn oder hinten deutlich zu sehen.

Das Brustbein wird beim aufrechten Stehen stärker nach vorn gehoben als in Rückenlage (Profilbild auf dem Röntgenschirm).

Beim Liegen auf der Seite unterscheiden sich Rechts- und Linkslage beträchtlich (Abb. 118). Der rein abdominale Typus kommt beim ruhigen Atmen in Seitenlage auch vor (Stellung a und b). Bei Linkslage drängt die Schwere der Leber von rechts her das Zwerchfell und Herz nach der



linken, durch die Unterlage unterstützten Brustseite (Abb. 118, 1, rechts vom Beschauer). Das Zwerchfell steht tiefer, der Brustraum ist schmaler und höher als auf der freien rechten Körperseite. Bei Rechtslage (2) sind die Brustinnenräume in der Breite weniger verändert, aber mehr in der Höhe, weil die Leber auf der unterstützten Seite liegt, aber hier stark kranialwärts drängt (links vom Beschauer). Wird forciert geatmet, so ist in beiden Seitenlagen nur auf der freien Seite kostale Atmung möglich. Bei Linkslage herrscht deshalb links der rein abdominale, rechts ein gemischter Typus, bei Rechtslage das Umgekehrte (Abb. 118, Stellung c).

Patienten mit einseitiger Schmerzhaftigkeit der Brust (Rippenfell, Lunge) liegen auf der erkrankten Seite und stellen so die Schmerz auslösenden Rippen fest.

Bei Seitenlage kann die kostale Atmung, weil sie nur auf der freien Seite möglich ist, die Rippen so stark heben, daß die betreffende Zwerchfellkuppel sich fast zur geraden Fläche ausrichtet. Das ist links eher möglich als rechts, weil der Magen dem Zwerchfell weniger Widerstand entgegensetzt als die Leber (Abb. 112). In der Tat ist bei Rechtslage und bei forcierter Atmung die Zwerchfellstreckung links am häufigsten (Stellung c, Abb. 118, 2, rechts vom Beschauer). Das Zwerchfell nimmt dabei eine scheinbar paradoxe Stellung ein: es folgen aufeinander

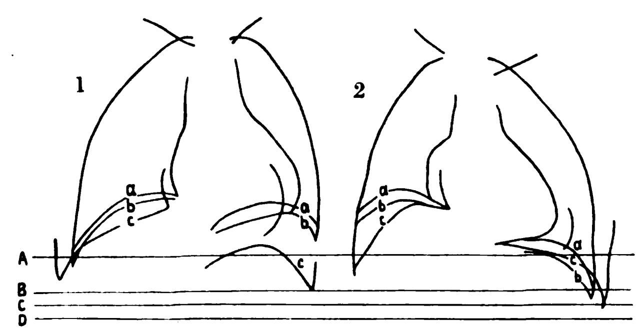


Abb. 118. Zwerchfell in Seitenlage des Lebenden. Ansicht von vorn. Abb. 1 beim Liegen auf der linken Körperseite. Abb. 2 beim Liegen auf der rechten Seite. Mit Benutzung von Orthodiagrammen nach demselben Mann wie in Abb. 117 (Jamin, Röntgenatlas). Die Abbildungen sind in die gleiche Richtung gestellt wie in Abb. 117, um sie mit jenen bequemer vergleichen zu können. Die Hilfslinien und Buchstabenbezeichnungen wie dort.

a, c, b (anstatt a, b, c). Trotzdem es inspiratorisch im Verhältnis zu den Rippen gesenkt wird, steigt es doch absolut gemessen in die Höhe (im Verhältnis zur Körperlänge), sobald die linke Thoraxseite stärker gehoben wird als sich das Zwerchfell senkt. Deshalb steigt der Zwerchfellkontur in diesem Falle auf dem Röntgenschirm, wenn forciert geatmet wird, höher als bei ruhiger Atmung (er steigt links bei rechter Seitenlage; in allen anderen Fällen würde er tiefer sinken).

Einfluß des Alters und der individuellen Form des Brustkorbes

Alters- und Habitusvarianten des Brustkorbes (siehe S. 148) beeinflussen die Atmung ebenfalls sehr stark. Das Kind hat ein steiler stehendes Brustbein, weniger schräg liegende Rippen und einen mehr faßförmigen Thorax als der Erwachsene. Die Form erinnert noch an den embryonalen Zustand (Abb. 88). Der Brustkorb sinkt in seine definitive Gleichgewichtslage während der Reife (Descensus thoracis). Die kindliche Atmung ist vorwiegend kostal.

Im höheren Alter sinkt die Federkraft des Brustkorbes, besonders die Elastizität der Rippenknorpel. Da auch die Elastizität der Lunge nachläßt, tritt das Zwerchfell tief und wird oft ganz flach. Die Atmung ist erschwert. Frequente Atemzüge von gemischtem Typus sind die Regel.

Ein schmaler Thorax mit herabhängenden Rippen und kleiner unterer Apertur ist als „flache Brust“ bekannt, er bedingt Hochstand des Zwerchfells. Es steht nicht absolut hoch wie beim Kind, weil dort der ganze Brustkorb hoch steht, sondern es steht im Vergleich zu den Rippen, also relativ höher als sonst.

Bei stärkeren Graden ist diese Form nicht mehr normal: paralytisch-phthisischer Habitus. Sind bei dieser Thoraxform die Baucheingeweide durch Schwäche der Bauchdecken oder Nachgiebigkeit des Beckenbodens gesenkt, so kann das Zwerchfell im Stehen stark nach abwärts verlagert werden. Das Thoraxgewölbe gleicht im Röntgenbild einem hohen Spitzfenster der Spätgotik: asthenischer Habitus. Im Liegen rückt erst das Zwerchfell in die eigentliche Hochlage.

Am stärksten beeinflußt ist bei flacher Brust die obere Apertur, welche abgeflacht und kürzer im Tiefendurchmesser ist als gewöhnlich (Abb. 119). Die Lungenspitze wird von der 1. Rippe stranguliert, besonders wenn der Rippenknorpel frühzeitig verknöchert. Durch diese Stenose der oberen Apertur wird die Entstehung der Tuberkulose in den Lungenspitzen begünstigt.

Bei breitem Thorax mit großer unterer Apertur steht das Zwerchfell tief und ist abgeflacht. Der Brustraum gleicht im Röntgenbild einem romanischen Rundbogenfenster. Werden die Rippen in diesem Zustand starr, so ist die Atmung erschwert: starre Dilatation, emphysematischer Habitus.

Es gibt zahllose Varianten im Spiel der Atemmechanismen, sobald ungewöhnliche Anforderungen an den Körper gestellt werden oder pathologische Zustände auf den Mechanismus einwirken. Die Kombinationen von Muskeln, welche die Bewegung übernehmen, muß von Fall zu Fall beobachtet und aus den speziellen Bedingungen verstanden werden. Die Aufgabe dieses Kapitels war für uns — wie bei der Bewegung aller übrigen Muskeln — weniger die, alle Möglichkeiten im Detail zu erwägen, weil das ins Uferlose führt, sondern die üblichsten Wirkungen zu analysieren. Was die Atemmechanismen können, ihre allgemeinen Potenzen, ist aus den Detailbeschreibungen zu entnehmen. Was sie gewöhnlich tun, ihre engere Bedeutung für die üblichen Anforderungen des Lebens, ist in dem oben Mitgeteilten hinreichend beschrieben; es können danach per analogiam kompliziertere Bewegungen leicht abgeleitet werden. Die eigentlichen Drahtzieher des Muskelspiels sind auch hier die Nerven, welche ihre Impulse vom Zentralnervensystem empfangen. Das Nervensystem bestimmt — uns unbewußt — was geschieht, indem es jeweils bestimmte Muskelkombinationen in Bewegung setzt (siehe Atemzentrum, Gehirn).

Ungewöhnliche Einflüsse, Kontrolle durch Beobachtung (Röntgenbild)

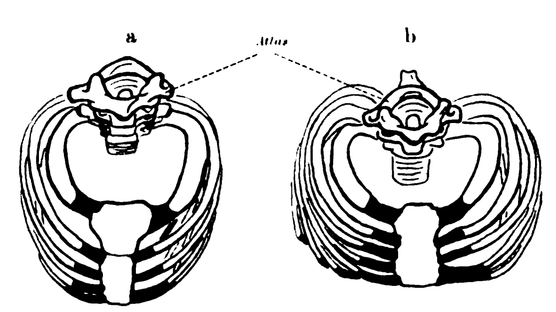


Abb. 119. Apertura thoracis superior, von oben. a) gewöhnliche Form, b) bei phthisisch-paralytischem Habitus (aus Bluntschli, Morph. Jahrb. 1909).

Bei Tiefstand des Zwerchfells kommt am ehesten Abflachung vor, eine Form, die sich im Frontalschnitt zur Kuppel verhält wie die Sehne zum Bogen. Früher glaubte man, daß die normale Senkung des Zwerchfells immer so weit ginge. Es ist aber charakteristisch für einen wohlgebauten Brustkorb, daß bei ruhiger Atmung keine Formveränderung des Zwerchfells, sondern nur eine Senkung der Kuppeln statthat. Man kontrolliert dies auf dem Röntgenschirm am Verhalten des phrenikokostalen Winkels, d. h. der Nische, welche das Zwerchfell und die seitliche Brustwand miteinander bilden (Abb. 112). Beim ruhigen Atmen steigt dieser Winkel auf und ab, ohne seine Winkelgröße merklich zu verändern (Abb. 117, 118, Stellung a, b). Bei forcierter Atmung (Stellung c) wird der Winkel größer, weil das Zwerchfell abgeflacht ist und sich die Rippen meistens nach auswärts bewegen.

Die paradoxe Stellung des Zwerchfells (Hoch- statt Tiefstand bei Inspiration, S. 218) kann durch verschiedene Ursachen bedingt sein. Besonders deutlich ist sie bei vermindertem Tonus des Muskels (Lähmung), weil dann der intraabdominale

Druck das Übergewicht bekommt. Die kostale Atmung leidet ebenfalls, weil die Vergrößerung des Brustraumes ausgeglichen wird durch Nachsteigen des nach oben gedrängten gelähmten Zwerchfells. Es ist aber nicht richtig, wie manche Autoren annehmen, daß das normale Zwerchfell lediglich die Aufgabe habe, dem Zug des Brustkorbes Widerpart zu halten. Daß im Gegenteil die kostale Atmung, die nach dieser Annahme obligatorisch sein müßte, beim ruhigen Atmen des Erwachsenen keine merkliche Rolle spielt, lehrt jedes gute Orthodiagramm (Abb. 117, 118) und übrigens auch der direkte Augenschein auf dem Röntgenschirm. Beweisend ist der phreniko-kostale Winkel, der sich nicht vergrößert.

Bei Röntgenbildern ist das Centrum tendineum nicht voll sichtbar, weil der Wirbelsäulen- und Herzschatten im Wege sind. Bei schräger Durchleuchtung und kleinem Herzen kann man jedoch soviel von ihm sehen, um sicher zu sein, daß es bei ruhigem Atmen fast gar nicht, bei forcierter Atmung stark bewegt wird. Der Zwerchfellschatten im Röntgenbild ist scheinbar geknickt (Abb. 117 und 118), weil die beiden Kuppeln perspektivisch zur Ansicht kommen (ganz anders wie im Frontalschnitt, Abb. 112). Besonders bei schräger Durchleuchtung stehen die Zwerchfellkuppeln in sehr verschiedenen Niveaus ähnlich zwei Bergkuppen, die sich in der Landschaft je nach dem Standort des Beschauers gegeneinander verschieben. Die Stellung der Zwerchfellpfeiler ist besonders zu beachten. Bei schräger Durchleuchtung steht einer mit der Fläche senkrecht, der andere parallel zur Richtung der Strahlen. Man sieht deshalb den ersteren gar nicht, den letzteren als einen Streifen, der die betreffende Kuppel nach unten verlängert. Man kann sich nach Abb. 107 leicht eine plastische Vorstellung von den in Betracht kommenden perspektivischen Verkürzungen machen. (Hier ist von der in der Röntgenliteratur leider üblichen Bennenung der Bilder nach der Richtung der Strahlen ganz abgesehen. Ansichten wie Abb. 117 und 118 sind für uns Frontalansichten. Die Strahlen, welche sie erzeugen, gehen allerdings in sagittalen Ebenen durch den Körper hindurch; es ist mißverständlich, deshalb von Sagittalbildern zu sprechen oder Sagittalansichten des Körpers wegen des Strahlenganges als Frontalbilder zu bezeichnen, Benennungen der Röntgenologen, welche das rein Technische unberechtigt vorzudrängen suchen.)

Thoraxumfang und Konstitutionsindex

Wegen der Beziehungen der Brustkorbform zur Atmung wird für die Beurteilung des Normalen ein gewisser Wert auf den größten Thoraxumfang und besonders auf die Differenz zwischen diesem Maß bei tiefster In- und Exspiration gelegt. Es ist ein konstitutionelles Merkmal von starker individueller Variation. Beim gesunden Erwachsenen sollte der Brustumfang auch bei Exspiration größer als die halbe Körpergröße sein. Seine relative Größe ist beim Kind die gleiche wie bei dem Erwachsenen, nur in den Entwicklungsjahren (10.—17. Jahr) übersteigt der Brustumfang die halbe Körpergröße nicht, weil dann die Streckung des Körpers vorübergehend im Tempo überwiegt (S. 17). Weniger ist auch hier nicht günstig für die Lungenkapazität, die mit jedem Zentimeter Umfang um 79 ccm steigt und fällt (bei großen Umfängen sogar um 112 ccm).

Man hat den Brustumfang zur Berechnung eines Konstitutionsindex benutzt. Die Körpergröße (in Zentimetern) wird dividiert durch Brustumfang (in Zentimetern) plus Körpergewicht (in Kilogrammen). Die besten Maße liegen zwischen 11 und 30. Ist der Index größer als 35, so gilt die Grenze der Militärtauglichkeit in Deutschland für überschritten.

Auch die Versicherungsmedizin legt Wert auf die Brustumfangmaße, weil sie bei Tuberkulösen in der Regel gegenüber der Norm erheblich vermindert sind.

D. Spezielle Bewegungsapparate der oberen Extremität.

I. Die Schulter und die zu ihr gehörigen Teile des Stammes (Brustschulterapparat).

1. Der ursprüngliche Typus des Schultergürtels als Vorläufer des Zustandes beim Menschen.

Definition des Brustschulterapparates

Beide Extremitäten sind in ihrer besonderen Weise mit dem Rumpf verankert. Die Hüftbeine, welche zur unteren Extremität gehören, sind mit dem Kreuzbein zu einem Ring, dem Becken, vereinigt. Dort sind Wirbelsäule und Extremität in feste Verbindungen getreten. Bei der oberen (vorderen) Gliedmasse ist dagegen nur an einer Stelle des Brustbeins eine Knochenhaft zwischen Rumpf- und Extremitätenskelett vorhanden (Abb. 9). Die Wirbelsäule ist bei ihr frei gegen die Gliedmassenknochen. Dagegen stehen sehr ausgiebige Muskelverbindungen zwischen Extremität und Rumpf im Vordergrund. Sie sind entweder von der Extremität aus auf den Rumpf bis zur Wirbelsäule und zum Brustbein vorgedrungen (trunkopetale Muskeln, orange) oder umgekehrt vom Rumpf zur Extremität gewandert (trunkofugale Muskeln, gelb). So ist die wesentliche Verankerung der vorderen Extremität am Stamm unseres Körpers eine muskulöse; die Wirbelsäule, der Brustkorb, der Schädel und selbst das Becken sind dem Arm und der Hand als Unterstützungspunkte für die Gliedmassenmuskeln tributär geworden. Diese Art der Verankerung erlaubt eine große Verschieblichkeit der Plattform, auf welcher die frei aus dem Rumpf herausragende Extremität aufgebaut ist, nämlich des Schultergürtels gegen den Stamm unseres Körpers (vgl. Verschiebung von Klavikula und Skapula in Abb. 150). In diametralem Gegensatz dazu steht die Unverschieblichkeit des Beckens, welches nur durch Bewegungen des Stammes selbst gekippt oder gedreht werden kann. Arm und Hand können kraft der Muskelbefestigungen am Stamm große Exkursionen beim Greifen und Tasten vollführen wie der Ausleger eines fahrbaren Drehkrans. Der größte Teil des Schwergewichts der Muskelmaschinerie ist wie bei dem Kran auf die Plattform, auf den Schultergürtel, verlegt, welcher durch die Befestigungen am Rumpf so verschoben werden kann, daß von den verschiedensten Punkten am Rumpfe aus die Bewegungen reguliert werden können. Dieses mechanische Prinzip kommt auch der Feinheit der Bewegungen zugute. Arm und Hand sind möglichst wenig mit Muskelmassen beschwert. Die Finger sind gänzlich muskelfrei. Sie bewegen sich nur durch den Antrieb feiner Sehnen wie durch Transmissionsriemen; die leichteren Muskelmaschinen sind von den Fingern auf die Handplatte, die schwereren auf den Arm und die schwersten auf den Rumpf verschoben. Die Hand ist in Verbindung mit den Möglichkeiten, die der aufrechte Gang zu diesen Eigenmerkmalen der oberen Gliedmaße hinzufügte, zu einer Art akzessorischen Sinnesorganes geworden, mit welchem wir unsere Orientierung im Raume nötigen-



falls allein vollziehen können, wenn Auge und Ohr versagen. Beim Bein und Fuß haben ähnliche Einrichtungen durch den aufrechten Gang eine Einschränkung erfahren. Dagegen führten knöcherne Verankerungen des Beckens, wie bei einem feststehenden Kran zur Sicherung des Standes und Ganges des Menschen.

Solche Überlegungen erläutern die Wichtigkeit der Plattform gegenüber dem Gestänge in den freien Gliedmaßen selbst. Ich stelle deshalb die Beschreibung des Schultergürtels an erste Stelle und behandle die freie Gliedmaße (Arm und Hand) in einem anschließenden besonderen Abschnitt. Es fügen sich, wie erwähnt, Teile des Schultergürtels an das Brustbein und Teile seiner Muskeln an den Brustkorb an (Vorder-, Seiten- und Hinterfläche). Dadurch gewinnt dieses Kapitel engste Beziehung zu den vorhergehenden. Denn die Extremitätenmuskeln verdecken äußerlich die vordere und hintere Rumpfregion. Wir finden sie an der Brust, am Hals und Rücken, ja selbst in den Randpartien des Bauches. Bei der Präparation werden sie in allen diesen Regionen berücksichtigt werden müssen, ehe man zu den eigentlichen Stammuskeln vordringen kann. Hier sind dagegen alle zur Extremität gehörigen Elemente zusammengefaßt und als Brustschulterapparat bezeichnet, weil damit das wichtigste Merkmal ihrer Lage hervorgehoben ist.

Wir gewinnen durch diese Art der Betrachtung erst einen Einblick in die eigentlichen Bau- und Formprinzipien eines ungemein wichtigen Apparates, der nicht voll verstanden werden kann, wenn seine Teile nach regionären Gesichtspunkten bald an dieser, bald an jener Stelle und außer allem genetischen und funktionellen Zusammenhang behandelt werden.

Zum Brustschulterapparat gehören der Schultergürtel, seine Derivate (S. 226) und sämtliche Muskeln, die an diesen Skeletteilen befestigt sind; nicht dazu rechne ich das Brustkorbskelett und die autochthonen Brustmuskeln (siehe S. 139, 150).

Einheitlicher Schultergürtel bei Haien

Bei niederen Wirbeltieren (Haien) ist jede Hälfte des Schultergürtels ein einfacher knorpeliger Reif; die eine ist rechts, die andere links in die Rumpfmuskulatur eingelassen und durch sie gehalten (Abb. 321). Jederseits fügt sich an die Mitte des Reifs das Skelett der freien Gliedmaße an, wie sich der Oberarmknochen, Humerus, an den Schultergürtel der höheren Tiere anschließt; die beiden Hälften sind beim erwachsenen Tier in der ventralen Mittellinie durch derbes Bindegewebe fest verlötet (Abb. 121a). So deutlich wie in solchen primitiven Zuständen ist der Schulter„gürtel“ bei keinem anderen Wirbeltier. Denn später wird die Einheit des Materiales (Knorpel) ersetzt durch eine Mehrheit von Knochen der verschiedensten Art, welche ihre besondere Bedeutung im Rahmen des Ganzen haben. Trotzdem ist die Gürtelform im wesentlichen Umriß bei allen Wirbeltieren und beim Menschen unverkennbar, wenn man die Einzelteile in ihrer natürlichen Ruhelage betrachtet (Klavikula und Skapula, Abb. 124. 120).

Harmonisch-äquipotentielles System

Daß der embryonale Schultergürtel in Parzellen anstatt in continuo verknorpeln kann, ist kein Gegenbeweis gegen seine Einheitlichkeit. Man muß sich auf Grund experimenteller Isolierungen von Gürtelstückchen bei Amphibien (Unke) vorstellen, daß hinter dem mikroskopischen Bild diskreter Knorpelkerne ein einheitliches Schultergürtelblastem versteckt liegt; in diesem scheiden bestimmte Stellen die Grundsubstanz früher ab als die anderen; nur deshalb fallen sie bei der mikroskopischen Betrachtung besonders auf (vgl. S. 139). Außerdem wird die in sich geschlossene Einheitlichkeit der Anlage durch ein anderes Resultat der Experimente positiv erhärtet. Ein nicht zu kleines Stück des Schultergürtelblastems entwickelt sich, wenn es an eine andere Stelle des Körpers transplantiert wird und dort zur Entfaltung kommt, zu einer vollständigen Gürtelhälfte der betreffenden Körperseite. Diese ist allerdings kleiner als gewöhnlich, aber wohl proportioniert wie ein gut gewachsener Zwerg. Man nennt eine solche Anlage ein harmonisch-äquipotentielles System. Den gleichen Sachverhalt findet man bei jungen Seeigeleiern, für welche der Ausdruck zuerst geprägt wurde: isolierte Fragmente von solchen haben, jedes für sich, die Potenz — deshalb „äquipotentiell“ — sich zu einem

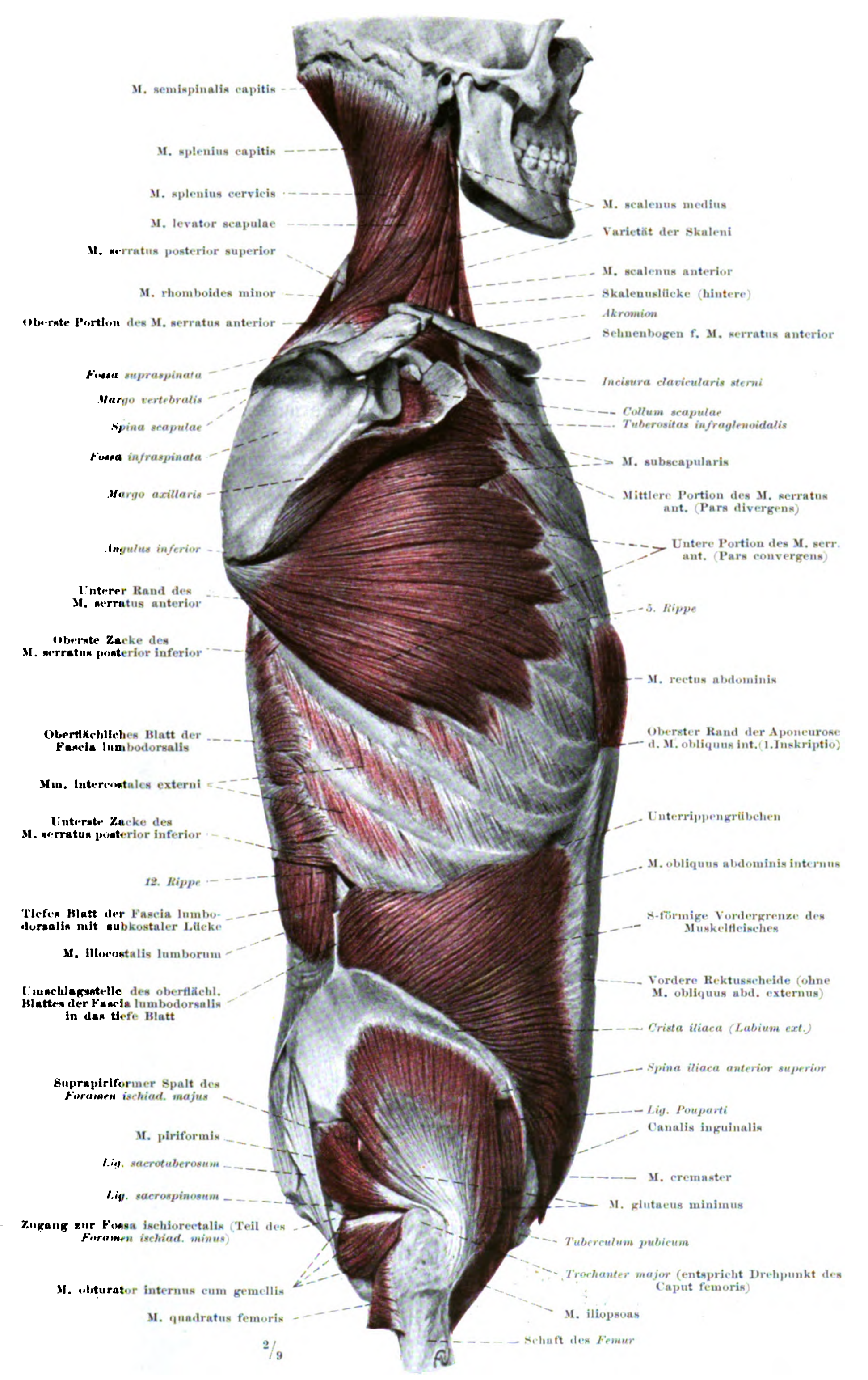


Abb. 120. Rumpf von der Seite, natürliche Lage der Knochen und Muskeln (2. Seitenbild, vgl. Abb. 90; schräg von der Seite gesehen und etwas anders montiert in Abb. 103). — Der rechte Arm ist entfernt, der Schultergürtel ist ganz freigelegt. Mit dem M. obliquus abdom. externus ist auch dessen Aponeurose entfernt (schematisch; in Wirklichkeit ist sie mit der übrigen vorderen Rektusscheide innig verwachsen und ohne Verletzung der Aponeurose des M. obl. abd. internus nicht wegzupräparieren).

liliputanischen Ganzindividuum von „harmonischer“ Körperform zu restituieren. Die Anlage des Humerus, welche in unserem Fall durch die experimentelle Zerschneidung nicht getroffen ist, entwickelt sich zu normaler Größe; sein Kopf paßt nicht in den verkleinerten Schultergürtel (Abb. 35). Hier offenbart sich die selbständige formative Kraft und Einheit des Schultergürtels gegenüber dem Skelett der freien Gliedmaße.

Ersatzknochen: Skapula und Korakoid

Der Knorpel des primitiven Schultergürtels wird in der nächst höheren Stufe zum Teil durch verschiedene Ersatzknochen beseitigt. Ich nenne nur zwei, welche auch beim Menschen vorkommen (es gibt in Wirklichkeit mehr): die Skapula bildet sich in dem dorsalen, das Korakoid in dem ventralen Teil einer jeden Gürtelhälfte; die Pfanne für den Humeruskopf gehört noch zur Skapula (Abb. 121 b). Das Korakoid hat eine besondere Lage im ventralen Abschnitt, weil dieser sehr breit werden und ähnlich wie beim Becken zu einem „verstopften Loch“ (Foramen obturatum) umgewandelt werden kann. Der Knorpel ist an dieser Stelle aufgelöst, das Perichondrium aber erhalten; es ist zu einem membranösen Fenster geworden, welches den übrig gebliebenen Knorpelrahmen ausfüllt. Das Korakoid ist das Rahmenstück kaudal vom Foramen obturatum.

Kranial von ihm liegt ein Abschnitt, welcher wegen seiner Lage Prokorakoid heißt. Er hat nur indirekte Bedeutung für die höheren Wirbeltiere, weil

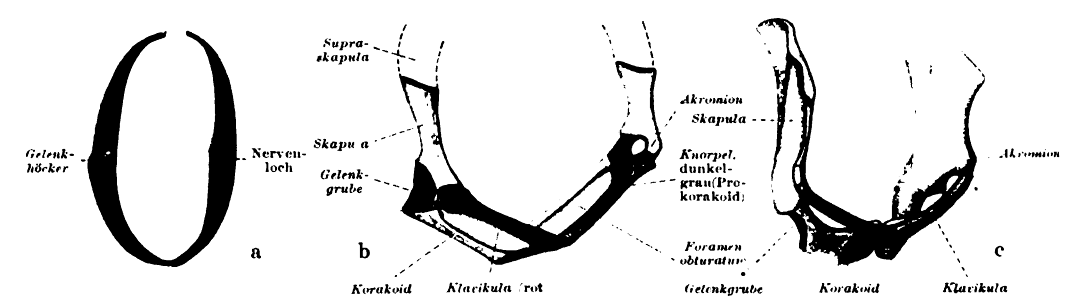


Abb. 121. Schemata des Schultergürtels, schräg von vorn und rechts gesehen. a) Selachier (Hai): Hyaliner Knorpel grau (statt der Gelenkpfanne ist ein Gelenkhöcker für die freie Extremität — Flosse — vorhanden). b) Amphib (Anuren): Knorpel dunkelgrau, Ersatzknochen hellgrau, Deckknochen rot. c) Niederes Säugetier (Monotremen): Ersatzknochen hellgrau, Deckknochen rot (Episternum weggelassen, vgl. Abb. 122a).

er die Unterlage bildet für die Entstehung von Deckknochen, welche später das Prokorakoid verdrängen.

Auf der dritten Stufe (Reptilien, Vögel, Säuger) wird die Vereinigung des Schultergürtels mit dem Brustbein besonders ausgebildet (Abb. 122). Ich nenne alle zum Gürtel gehörigen Skelettstücke zonal, alle zum Brustkorb gehörigen kostal. Die bisher besprochenen Ersatzknochen sind zonale Elemente. Von ihnen übernimmt einzig das Korakoid (weiß) die Verbindung mit dem kostalen Sternum (gelb, Abb. 122a). Bei niederen Säugern (Monotremen) ist es ein großes kräftiges Skelettstück, beim Menschen ist es reduziert auf einen kleinen Bezirk, welcher nur erhalten bleibt, weil unentbehrliche Muskeln und Bänder an ihm befestigt sind. Aus dem gleichen Grund sucht das Rudiment Anschluß an die Skapula und ist zum Processus coracoides, Rabenschnabelfortsatz, des menschlichen Schulterblattes geworden (Abb. 122b).

Beim Embryo ist die Anlage verhältnismäßig groß; sie reicht noch bis in die Nähe des Brustbeins. Kurz nach der Geburt ossifiziert der Rabenschnabelfortsatz selbständig; er ist bis zum 16.—18. Lebensjahr durch eine Knorpelfuge von der Skapula geschieden (Abb. 123). Der Termin der Verschmelzung erinnert an die Epiphysen. Die Verknöcherung des Rabenschnabelfortsatzes hat aber mit Epiphysen nichts zu tun, sondern ist eine den Hauptverknöcherungen selbständiger Skelett-

stücke gleichwertige Ossifikation, wie aus dem frühen Termin ihres ersten Entstehens und dem ganzen morphologischen Zusammenhang hervorgeht. Die echten Epiphysen des Schulterblattes treten viel später auf (16. Lebensjahr).

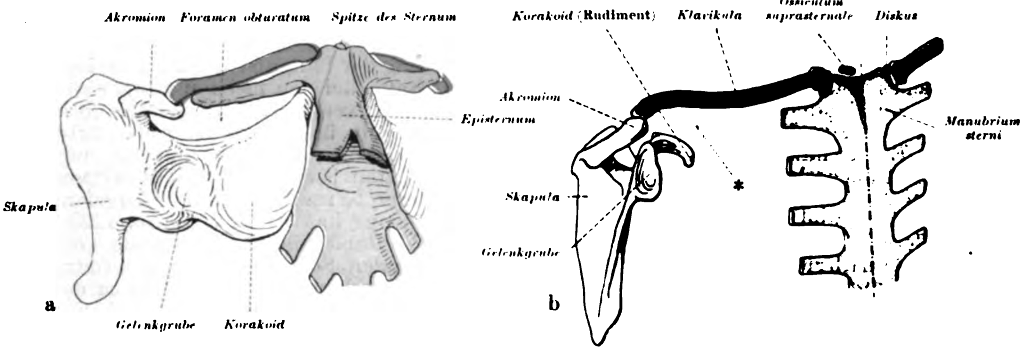


Abb. 122. Brustschulterapparat, ventrale Ansicht, etwas schräg von rechts. Primärer Schultergürtel weiß, Rippen und Brustbein gelb, Episternum blau, Klavikula rot. a) Monotremenembryo (Echidna, Stad. 48a von Semon). Die Klavikulae sind noch nicht vereinigt wie in Abb. 121c. Nach eigenem Wachsplattenmodell. b) Mensch, schematisch. Rechts von der Medianlinie (gestrichelt) ist ein anderer Fall als links abgebildet. * verweist auf die Stelle des früheren Foramen obturatum.

Deckknochen: Klavikula und Episternum

Die durch Knorpel vorgebildete Brustschulterverbindung (weiße Knochen in Abb. 121, 122) hat bei Reptilien, Vögeln und Säugern eine komplette Parallele in Deckknochen, welche sowohl kostal wie zonal gebildet werden und eine besondere Verankerung des Gürtels an der Brust darstellen. Man nennt sie auch dermal, weil sie nicht auf dem Boden des Knorpels, sondern in der Bindegewebsschicht der Haut (Derma) entstehen. Die ersten Anfänge sind rein zonal; sie sind besonders instruktiv bei Knochenfischen, bei welchen allerdings die Verbindung mit dem Brustbein noch keine Rolle spielen kann. Ein feines Knochenstäbchen entwickelt sich unmittelbar unter dem Epithel der Haut, aber unabhängig von diesem aus Abscheidungen von Mesodermzellen. Es liegt kranial von der Flossenfalte und ist recht weit entfernt von der Stelle, wo später der knorplige Schultergürtel entsteht (Abb. 15). Man kann in der weiteren Entwicklung verfolgen, wie der dermale Knochen wächst und Anschluß an den Knorpel findet, indem er sich nach diesem hinschiebt. Bei den Amphibien sind in der Entwicklung dermale Knochen dem knorpligen Schultergürtel von vornherein aufgelagert; man erkennt aber ihre Besonderheit an der topographischen Situation, besonders zum Perichondrium (Deckknochen, vgl. Abb. 16, Klavikula). Der wichtigste dieser Knochen ist für uns das Schlüsselbein, Clavicula; er liegt wie eine Dachrinne (rot) dem vorderen Rand des knorpligen Schultergürtels auf (Prokorakoid, Abb. 121b). Zu diesen zonalen Deckknochen kommt bei Reptilien zum

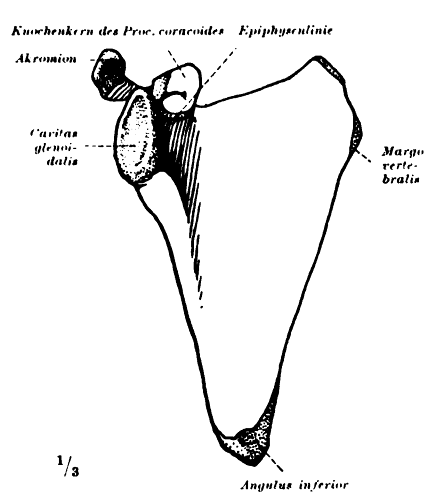


Abb. 123. Schulterblatt im 11. Lebensjahr. Knorpel punktiert, Knochen weiß. (Im Knorpel des Angulus inferior scapulae und des Akromion tritt im 15.—18. Lebensjahr je ein Knochenkern auf. Ferner erscheint je einer im 16.—18. Jahr im Margo vertebralis, auf der Oberfläche und in der Epiphysenlinie des Proc. coracoides, schließlich in der Fossa glenoidalis.)

erstenmal ein deutliches kostales Element hinzu, das Episternum (Abb. 122, blau). Es liegt zum Brustbein gerade so oberflächlich wie die Klavikula zum Prokorakoid. Klavikula (rot) und Episternum (blau) vereinigen sich zum dermalen Brustschulterapparat und übernehmen, wenn das Prokorakoid schwindet, die Verbindung der Extremität mit dem Brustkorb.

Die Klavikula stützt sich auf einen Vorsprung der Skapula, das Akromion, welches von jetzt ab eine besondere Wichtigkeit hat. Bei den meisten Säugetieren geht das Korakoid bis auf den Rabenschnabelfortsatz verloren. Das Schlüsselbein ist als einzige Brücke zwischen Skapula und Brustbein übrig (Homo, Abb. 122b). Das Episternum hat in seiner vollen Ausbildung T-Form; von ihm sind nur individuell wechselnde Rudimente übrig, am regelmäßigsten je ein Stück seines horizontalen Armes, welches als bindegewebige Zwischenscheibe im Sternoklavikulargelenk persistiert und für dieses Gelenk besondere Bedeutung hat (Diskus, Abb. 122b). Andere Reste (Ossicula suprasternalia, oberer Rand und einspringende Teile des Manubrium sterni) entsprechen dem vertikalen Schenkel des Episternum, fehlen aber oft ganz. Die folgende Tabelle und die schematischen Farben in den beigegebenen Abbildungen 121 und 122, die auch in der Tabelle vermerkt sind, veranschaulichen den Prozeß am besten. Wohl jeder hat die Bekanntschaft eines gut ausgebildeten Korakoides mit gleichzeitiger Existenz der Klavikula, ähnlich dem Schema Abb. 121a beim Vogel gemacht. Seine Flugwerkzeuge benötigen starker Verbindungen mit dem Brustkorb. Bei der Gans werden die beiden zu einem Knochen verwachsenen Schlüsselbeine („Furkula") von den Kindern benutzt, die einen Springbock verfertigen. Er wird zu den Hörnern des Bockes verwendet, die derben Korakoide werden entfernt.

Sämtliche Bestandteile des menschlichen Brustschulterapparates

Im folgenden sind sämtliche Bestandteile des Brustschulterapparates und das Brustbein (Sternum) nach den im vorhergehenden dargelegten Gesichtspunkten klassiert (die selbständigen, regelmäßig vorkommenden Knochen des endgültigen Zustandes sind gesperrt gedruckt):

Brustschulterapparat des Menschen.

	Zonale Bestandteile	Kostale Bestandteile
Ersatzknochen	Skapula mit Akromion, Korakoid (Processus coracoides), (weiß)	Sternum (gelb)
Deckknochen	Klavikula (rot)	Episternum: Discus articularis, Ossicula suprasternalia, Teile des Manubrium (blau)

Der Meinung anderer Autoren, daß die Klavikula ein Ersatzknochen sei wie die Skapula und das Korakoid, kann ich nicht zustimmen. Knorpelreste, welche bei manchen Säugern in der Anlage des Schlüsselbeines vorkommen, betrachte ich als Rudimente des Prokorakoides oder als Neubildungen (das gleiche gilt für Knorpelanlagen der Ossicula suprasternalia). Beim Menschen entsteht das Schlüsselbein aus einem Gewebe, welches von derjenigen Art Knorpel deutlich verschieden ist, die sonst als Vorläufer von Ersatzknochen auftritt. Nur die beiden Enden sind rein knorpelig präformiert. Auch ist die Ossifikation, welche an zwei Stellen in der 6. Fötalwoche sichtbar wird, die früheste unseres Körpers überhaupt. Das Schulterblatt und die übrigen Ersatzknochen der oberen Extremität (Humerus, Radius, Ulna) folgen erst in der 7.—8. Fötalwoche, die kleineren sogar viel später. Am Schädel sind aber gerade die Deckknochen gegenüber den Ersatzknochen daran kenntlich, daß sie in der Entwicklung vorauseilen. Alle Verknöcherungszentren, welche früher als die Ersatzknochen des knorpligen Schädels entstehen, gehören dort zweifellos zu Deckknochen. Wegen der genetischen Verwandtschaft pflegen angeborene

Defekte der Deckknochen des Schädels mit einem Defekt an der Klavikula verknüpft zu sein (Kraniokleidodysostosis).

Das Schlüsselbein des Menschen hat mittlere Größe. Bei Fledermäusen, bei welchen es dem viel größeren Druck der Flügel zu widerstehen hat, ist es verhältnismäßig viel dicker. Bei ausschließlicher Benutzung der vorderen Extremität zum Laufen (Pferd, Rind) fehlt die Klavikula ganz. Die einzigen Reste des Schultergürtels, die Skapulae, hängen frei in den Muskeln, die wie ein Gurt um die vorderen Rippen ziehen (Tragrippen). Beim Menschen kommen Entwicklungshemmungen des Schlüsselbeines bis zum völligen Mangel vor.

2. Die beiden endgültigen Schultergürtelknochen: Schlüsselbein und Schulterblatt.

Der Schultergürtel des Menschen, Cingulum, ist auf zwei Knochen beschränkt (Abb. 124), die aus der geschilderten komplizierten Vorgeschichte zu großer Einfachheit der Form und Lage gelangt sind. Es ist dies nichts Primäres, sondern etwas Sekundäres. Der historische Prozeß hat auf Umwegen zur Vereinfachung geführt, welche der Aufhängung des Armes und seinen Be-

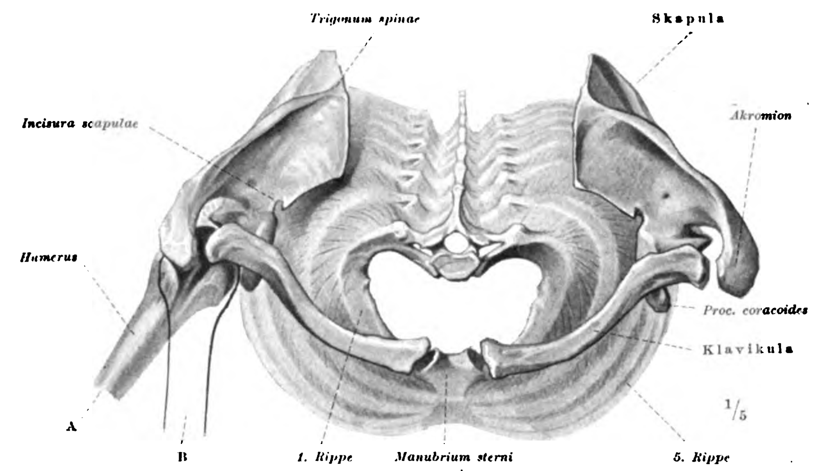


Abb. 124. Schultergürtel, Cingulum. Ansicht von oben auf den oberen Eingang des Brustkorbes (Apertura superior thoracis). — Natürliche Lage der Knochen (Muskeltorso). Der Brustkorb ist nicht perspektivisch gezeichnet, sondern die letzte sichtbare Rippe ist in die Ebene der 1. Rippe hineinprojiziert. — Die Brustwirbelsäule ist ein wenig nach links ausgebogen (physiologische Skoliose; vgl. Abb. 83). — Der zur Horizontalen erhobene Humerus ist hier durch reine Bewegung im Schultergelenk von A nach B adduziert (um 30°).

wegungen zugute kommt. Wir stellen zunächst, um dem näher zu kommen, die Form der beiden Knochen, der Klavikula und Skapula, fest.

Das Schlüsselbein, Clavicula, ist mit dem derberen, auf dem Querschnitt stumpf dreieckigem Ende dem Brustbein und mit dem abgeplatteten, auf dem Querschnitt ovalen Ende dem Schulterblatt zugewendet. Man nennt das eine Extremitas sternalis, das andere E. acromialis. Der Knochen folgt mit seiner medialen Hälfte vom Brustbein aus der Form des Brustkorbes in nach vorn konvexem Bogen; nach der Schulter zu ist die laterale Hälfte in einem nach vorn konkaven Bogen weitergeführt (Abb. 124). Die Form im ganzen ist einem langgezogenen S vergleichbar. Der Knochen ähnelt Türgriffen von dieser Art Schwingung und ist wahrscheinlich danach „Klavikula“ genannt worden (Clavis). Man sieht die beiden Schlüsselbeine ihrer ganzen Länge nach gut durch die Haut durch (Abb. 100). Bei gutem Körperbau und herabhängenden Armen stehen sie fast horizontal, ein wenig nach außen

Klavikula, Abb. **96**, 100, 103, 120, **124**, 128, 129, 150

ansteigend. Die geschwungene Form bringt es mit sich, daß die Schulterblätter gut der Hinterfläche des Brustkorbes angeschmiegt liegen. Steht das Schlüsselbein geradlinig nach außen vom Brustkorb ab, so entfernt sich das Schulterblatt flügelartig vom Thorax (Scapula alata). Man sieht dies besonders bei stark gesenkten Rippen (phthisisch-paralytischer Habitus, S. 219); das Schlüsselbein ist dann gewöhnlich auch ein wenig nach außen abwärts gesenkt. Zwischen den beiden Klavikulae liegt immer die **Drosselgrube, Jugulum**, die dem oberen Brustbeinrand entspricht.

Die Klavikula ist an zwei Gelenken beteiligt, deren Gelenkflächen entsprechend geformt sind wie die Knochenenden, **Facies articularis acromialis und sternalis**. Bei diesen Verbindungen ist die Distanz des eigentlichen Knochens von den Nachbarknochen besonders auffällig (Abb. 124, auch Abb. 96 u. a.) und beim Abtasten mit dem Finger durch die Haut leicht zu konstatieren. Die Details der Knochenoberfläche sind auf Abb. 96, 128 und 129 nachzusehen; sie werden bei den Muskel- und Bandanheftungen beschrieben, zu denen sie gehören.

Über die Ossifikation des Schlüsselbeines vgl. S. 226.

Skapula, Abb. 60, 120, 124, 127–129, 131, 150, 170

Das **Schulterblatt, Scapula**, ist unter dem Einfluß der Muskeln zu einem breiten platten Knochen geworden (in der Jägersprache „Blatt" genannt). Sie ist dünn und leicht verletzlich. Auf der Oberfläche, welche der Rückenhaut zugewendet ist, erhebt sich ein hoher derber Kamm, **Schultergräte, Spina scapulae**. Sie schiebt sich als knöcherne Scheidewand zwischen zwei Muskelgruppen, welche oberhalb und unterhalb von ihr liegen und beträchtliche Größe haben, weil sie den Kamm als Ursprungsfläche mitbenutzen. Man sieht und fühlt die obere Kante der Spina scapulae durch die Rückenhaut hindurch (Abb. 60). Sie ist eine wichtige Marke für die Projektion innerer Organe nach außen (siehe Bd. II, Brusteingeweide). Im übrigen ist der Knochen gegen die Haut durch Muskeln bedeckt und geschützt. Doch sieht man die Konturen trotzdem; alle Ränder bleiben tastbar (vgl. Abb. 131, rechts und links).

Vergleicht man mit dem menschlichen Schulterblatt den schmalen säbelförmigen Knochen eines Vogels, z. B. der Gans, so überschaut man mit einem Blick die ungeheuere Veränderung, welche Breitenentfaltung und Muskelkämme an diesem Skelettstück bei den Säugetieren hervorgebracht haben. Wir werden sehen, daß diese Momente wesentlich in der Entfaltung von Rotationsmuskeln für die Drehung des Humerus um die eigene Achse begründet liegen. Die übrigen Muskeln sind insofern beteiligt, als die zur Platte verbreiterte Skapula an ihren Rändern und an ihrem Kamm auch für sie viel ausgedehntere Angriffsflächen bietet als die Umrißlinie eines schmalen Knochens. Die Bezeichnungen für die Ränder und Flächen ergeben sich sehr einfach aus der Lage des Knochens in der Normalstellung des Körpers; sie sind aus den Abbildungen 120, 127 und 170 zu entnehmen.

Am Oberrand des Knochens existiert ein Einschnitt für einen Nerv, **Incisura scapulae** (Abb. 124, 170), welcher gelegentlich durch eine Knochenbrücke zu einem Loch im Knochen abgeschlossen sein kann. — Solche Nerven, welche durch den Schultergürtel passieren, heißen **diazonale Nerven**. Beim Becken geht regelmäßig der Nervus obturatorius durch den Gürtel hindurch. Geht der Nerv, wie gewöhnlich, durch einen Einschnitt kranial vom Schultergürtel zur Extremität, so heißt er **prozonal**. Die meisten Extremitätennerven gehen mit den Gefäßen hinter dem Schultergürtel (kaudal von dem Schlüsselbein, zwischen diesem und der 1. Rippe) hindurch und heißen **metazonal**.

Form und Lagebeziehung des Akromion und des

Die Gräte des Schulterblattes setzt sich nach außen in die Schulterhöhe oder Grätenecke, **Acromion**, fort und leitet zu der Verbindung mit dem Schlüsselbein über. Während sich die Klavikula bei einer primitiven Skapula

an einen einfachen Fortsatz anlehnt (Abb. 122 a), ist mit der Entstehung der Spina scapulae diese ganze Partie aus dem Niveau der Skapula herausgerückt. Das Akromion ladet so weit seitlich aus, daß es als Schutzdach über das Schultergelenk herübergreift (Abb. 120). Man fühlt den Knochen auf der Schulter (Abb. 127, 131). Es geht der Deltamuskel durch seine Wölbung noch über das Akromion hinaus über den Humeruskopf hinweg und verwischt dadurch den Vorsprung des Akromion bei bloßer Betrachtung.

Proc. coracoides zur Klavikula

Ist der Deltamuskel rückgebildet oder der Humeruskopf nach innen verschoben (Luxation), so wird das Akromion ganz anders deutlich. Man sieht dann durch die Haut, daß es epauletteartig vorspringt. Diese seine wirkliche Eigenform ermöglicht ihm, das Schultergelenk zu schützen, ohne direkt mit ihm in Verbindung zu stehen.

Für die Verbindung der Skapula mit der Klavikula ist die Ausladung des Akromion deshalb wichtig, weil dadurch in aufrechter Körperhaltung die Klavikula über den Haken- oder Rabenschnabelfortsatz, Processus coracoides, gestellt ist (Abb. 96). Man kann die Stellung der beiden Fortsätze der Skapula, des Akromion und des Processus coracoides, mit dem Daumen und Zeigefinger der Hand nachahmen, welche man von hinten so über die Schulter der gleichen Körperseite eines anderen Menschen legt, daß der Daumen vorn innen vorsteht (Rabenschnabelfortsatz) und der Zeigefinger nach außen gerichtet ist (Schulterhöhe). Man vergesse aber nicht, daß der Rabenschnabelfortsatz unterhalb des Schlüsselbeines liegt. Er ist in der Tiefe unter dem Deltamuskel und in der Fossa infraclavicularis versteckt (Abb. 99). Der Processus coracoides und die Klavikula sind durch Bänder so verbunden, daß das Gewicht von Arm und Hand vom Gelenkende des Schlüsselbeines weg auf den Befestigungspunkt der Bänder am Knochen verlegt worden ist (Abb. 149a, Lig. coracoclaviculare).

Bei der aufrechten Körperstellung würde sonst das Gelenk zwischen Klavikula und Skapula sehr belastet sein — ganz anders wie beim Vierfüßler —, weil der Humerus und durch ihn das ganze Gewicht des Armes an der Skapula hängt. Es gehört mit zu den Voraussetzungen der Aufrichtung des Körpers, daß das Schlüsselbein vermöge seiner Bandbefestigungen speziell am Processus coracoides das Schulterblatt und das Armgewicht tragen kann. Sie selbst ist wie der Ausleger eines Rennbootes am Brustkorb befestigt und zerfällt in einen stark belasteten langen Hebelarm, welcher bis zum Rabenschnabelfortsatz reicht. Der kürzere Hebelarm geht von dort zum Akromion und ist kaum belastet. Die Bewegungen des Schulterblattes, die den ganzen Arm mitbetreffen, bekommen dadurch erst größere Freiheit. Auch wird das Gewicht des Armes um so leichter getragen, je mehr sein Befestigungspunkt vom Akromion gegen den Brustkorb verschoben ist. Das Nähere wird erst nach der Beschreibung der Muskeln zu erörtern sein.

Gelenkpfanne, Hals der Skapula, Muskelfelder

Die Gelenkfläche der Skapula für das Schultergelenk, Cavitas glenoidalis (Abb. 123), ist die einzige Stelle, an welcher der Knochen nicht abgeplattet, sondern im Besitz der ursprünglichen Dicke ist. Die dicke Partie ist kurz und verengt sich ziemlich schnell am Übergang zur Platte. Man nennt die Stelle deshalb Hals, Collum scapulae (Abb. 127). Auf der dorsalen Oberfläche des Schulterblattes reicht die Spina scapulae nicht bis an die Gelenkpfanne heran, sodaß das Collum scapulae hier besonders deutlich ist. Der Zwischenraum zwischen Spina und Gelenkpfanne hat das Aussehen eines halbmondförmigen Ausschnittes. Das Kollum ist an dieser Stelle nicht von Muskeln bedeckt (Abb. 129). Es bleibt ein Raum ausgespart, welcher Gefäßen und Nerven zum Durchtritt von der Fossa supraspinata zur Fossa infraspinata dient. Solche freien Knochenstellen zwischen den Muskelfeldern sind beim Rumpf selten (z. B. Sulcus costalis der Rippen), bei den Extremitäten aber wegen der gedrängten Form häufiger und für die Orientierung der Gefäßnervenbahnen wichtig.

Die peripheren Leitungsbahnen der Extremitäten, welche im III. Band behandelt werden, richten sich nach den Zwischenräumen, welche zwischen den Teilen

des Bewegungsapparates übrig bleiben. Indem wir hier von Fall zu Fall diese Lücken konstatieren, gewinnen wir das Ausgangsmaterial für die Beschreibung jener Kabel, die wie Zufuhrleitungen eines Gebäudes (Elektrizität, Wasser, Gas) möglichst wenig von dem Raum wegnehmen, der für die eigentlichen Funktionen, d. h. bei der Extremität für die Haltungen und Bewegungen bestimmt ist. Die Formbeziehungen zwischen Bewegungsmechanismus und peripherem Leitungssystem beruhen auf einem Kompromiß zwischen den vitalen Bedingungen beider Apparate. Der eine kann immer erst ganz durch den anderen verstanden werden. Das Fazit für diese Momente kann erst im III. Band gezogen werden.

Kleido-skapularer Winkel

Der Winkel, welchen die Klavikula und die Spina scapulae einschließen (mit der Spitze im Akromion, Abb. 124) beträgt 30—45°. Ursprünglich ist der Schultergürtel an dieser Stelle unbeweglich und gerundet (Abb. 121 a). Durch die Differenzierung einzelner Knochen ist ein Gelenk und eine Abknickung zustande gekommen, welche der Abplattung des Brustkorbes beim Menschen folgen konnte. Die Bewegungen des Gelenkes vollziehen sich innerhalb der genannten Winkelgrößen (kleidoskapularer Winkel). Denkt man sich die beiden Klavikulae nach vorn und die Spinae scapularum nach hinten je bis zu einem idealen Schnittpunkt verlängert, so resultiert eine rhombische Figur. An ihr erkennt man, wie sehr die ursprüngliche Spangenform des Schultergürtels abgeändert und dem Brustkorb und seinen Bewegungen angepaßt ist.

Ossifikation

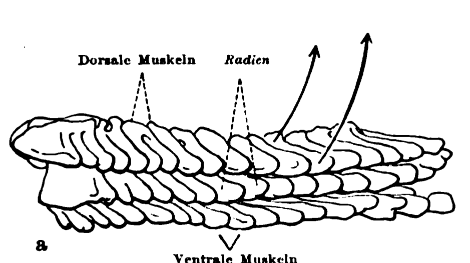
Die Ossifikation der Skapula beginnt im 3. Fötalmonat mit einem Knochenkern neben dem Kollum. Über den Kern des Processus coracoides und die Epiphysenkerne siehe S. 224 und Abb. 123. Der obere Abschnitt der Gelenkfläche des Schulterblattes hat seinen eigenen Epiphysenkern (Os infracoracoideum).

3. Die Brustschultermuskeln als aktive Bewegungsfaktoren.

a) Übersicht über die genetische Gruppierung (Tabelle) und über die Richtung der Bewegungen (Nomenklatur).

Gruppierung nach den Insertionen

Die Herkunft der Schultermuskeln aus verschiedenen Quellen ist bei der allgemeinen Ableitung der Körpermuskulatur beschrieben (Abb. 9, rechts). Die Einteilung der Muskeln in der hier folgenden Tabelle ist nach den dort entwickelten genetischen Gesichtspunkten vorgenommen; denn aus diesen ist die jetzige Schichtung der Muskeln und die Art ihrer Verwendung abzuleiten und allein zu



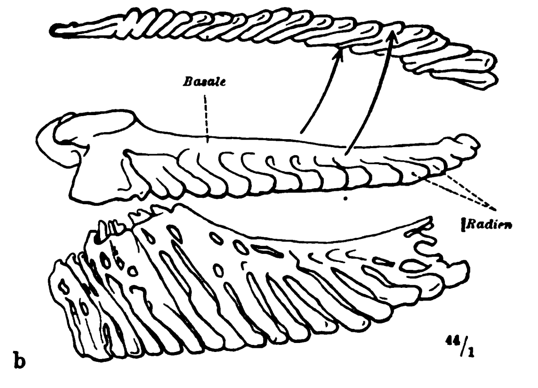


Abb. 125. Beckenflosse eines Haiembryos (hintere Extremität). Nach einem beweglichen Wachsplattenmodell. a) Zwei Muskelschichten mit dem Skelett dazwischen, in natürlicher Lage. b) Die Muskelschichten künstlich nach oben (in der Richtung der Pfeile) und nach unten vom Skelett weggeklappt. In Wirklichkeit folgt das Skelett der Kontraktion der betreffenden Muskelschicht. Zahlreiche Brücken zwischen den Muskelstreifen der ventralen Schicht an deren basalen Enden.

verstehen. Am Oberarm werden wir die eigentliche Armmuskulatur (autochthone M.) noch in ihrer ursprünglichen Anordnung finden. Jedermann weiß, daß der Bizeps auf der einen Seite des Armes gelegen ist und die Extremität in entgegengesetzter Richtung bewegt, wie der ihm gegenüberliegende Muskel, der Trizeps. Diese ursprünglichsten Muskeln, die wir Mm. brachiales nennen, sind bei niederen Wirbeltieren (Haien) bei Vorder- und Hinterglied-

Schultermuskeln

(Insertionen am Schultergürtel und Humerus).

o = Ursprung (origo), i = Insertion (insertio).

I. Eigentliche Armmuskeln (Mm. brachiales). Insertion am Humerus (mit Ausnahme von Nr. 9).

A. Dorsale Gruppe (Mm. brachiales dorsales).

a) Insertion am Tuberculum majus humeri und in dessen Fortsetzung.

1. M. supraspinatus (S. 236).
   o: Fossa und Fascia supraspinata.
   i: Tuberculum majus humeri (obere Facette), Gelenkkapsel.
2. M. infraspinatus (S. 238).
   o: Fossa und Fascia infraspinata.
   i: Tuberculum majus humeri (mittlere Facette).
3. M. teres minor (S. 240).
   o: Margo axillaris scapulae zwischen Ursprung des Teres major und Tuberositas infraglenoidalis.
   i: Tuberculum majus humeri (untere Facette).
4. M. deltoides (S. 240).
   o: laterales Drittel des vorderen Randes des Schlüsselbeins, äußerer Rand des Akromion und unterer Rand der Spina scapulae.
   i: Tuberositas deltoidea (Mitte des Oberarmes).

b) Insertion am Tuberculum minus und an dessen Krista.

5. M. subscapularis (S. 245).
   o: Facies costalis scapulae und Sehnenblätter von Lineae musculares, Fascia subscapularis.
   i: Tuberculum minus humeri, proximaler Teil der Crista tuberculi minoris, Gelenkkapsel.
6. M. teres major (S. 246).
   o: Dorsalfläche des unteren Winkels der Skapula.
   i: Crista tuberculi minoris, gemeinsam mit M. latiss. dorsi.
7. M. latissimus dorsi (S. 248).
   o: hintere Fläche des Angulus inferior scapulae (unbeständig), Dornfortsätze des 7.—12. Brustwirbels, Fascia lumbodorsalis, inneres Drittel des Darmbeinkammes, (9.) 10.—12. Rippe.
   i: Crista tuberculi minoris humeri, kranial und lateral von der Sehne des Teres major.

B. Ventrale Gruppe (Mm. brachiales ventrales).

8. M. coracobrachialis (S. 251).
   o: am Korakoid gemeinsam mit dem Caput breve des Biceps brachii.
   i: mediale Fläche des Humerus in der Verlängerung der Crista tuberculi minoris, gegenüber der Insertion des Deltoides, Septum intermusculare mediale.
9. M. pectoralis minor (S. 252).
   o: Vorderenden der knöchernen 3.—5. Rippe, sehnige Fortsetzungen auch auf die Rippenknorpel und auf die Aponeurosen der Musculi intercostales externi.
   i: Processus coracoides scapulae, Fascia coracoclavicularis.
10. M. pectoralis major (S. 254).
   o: 1. Pars clavicularis: mediale Hälfte oder zwei Drittel der Vorderfläche des Schlüsselbeins.
      2. Pars sternocostalis: Membrana sterni auf der Vorderfläche des Brustbeins und Knorpelstücke der 2.—7. Rippe.
      3. Pars abdominalis: vorderes Blatt der Scheide des M. rectus.
   i: Crista tuberculi majoris humeri, der Schlüsselbeinteil in oberflächlicher Lage zum distalen, die übrigen Teile in tiefer Lage zum proximalen Abschnitt der Krista.

II. Eingewanderte Rumpfmuskeln (Mm. thoracales). Insertion am Schultergürtel.

A. Dorsale Gruppe (Mm. thoracales dorsales).

11. M. rhomboides (S. 259).
   o: Nackenband, Dornfortsätze des 6.—7. Halswirbels und 1.—4. (5.) Brustwirbels, Ligg. interspinalia.
   i: Margo vertebralis scapulae unterhalb der Spina.

12. M. levator scapulae (S. 261).
    o: hintere Höcker der Querfortsätze des 1.—4. Halswirbels (die 3. und 4. Ursprungszacke fehlt oft).
    i: oberer medialer Winkel des Schulterblattes bis zur Spina.
13. M. serratus anterior (S. 262).
    o: Seitenflächen der 1.—9. Rippe, Sehnenbogen zwischen 1. und 2. Rippe.
    i: Pars superior: oberer innerer Winkel der Skapula. Pars intermedia: Margo vertebralis scapulae. Pars inferior: unterer Winkel des Schulterblattes.

B. Ventrale Gruppe (Mm. thoracales ventrales).

14. M. subclavius (S. 266).
    o: Vorderfläche des 1. Rippenknorpels lateral vom Lig. costoclaviculare.
    i: lateraler Abschnitt der Unterfläche des Schlüsselbeins (Sulcus subclavius), zuweilen Akromion oder Processus coracoides.
15. M. omohyoideus (S. 267).
    o: oberer Rand des Schulterblattes medial von dessen Inzisur, Ligamentum transversum superius (o zuweilen Wurzel des Korakoides, Hinterfläche des Manubrium sterni, hintere Fläche des Schlüsselbeins; im letzteren Fall M. cleidohyoideus genannt).
    i: mittels der Fascia colli media an der hinteren Fläche der Klavikula, unterer Rand des Zungenbeinkörpers.

III. Kopfmuskeln resp. gemischte Kopfrumpfmuskeln (Mm. craniales s. craniothoracales). Insertion am Schultergürtel.

16. M. trapezius (S. 268).
    o: Linea nuchae superior, Protuberantia occipitalis externa, Nackenband, Dornfortsätze und Ligg. supraspinalia des 1.—11. (12.) Brustwirbels.
    i: laterales Drittel des Schlüsselbeins, Akromion, oberer Rand der Spina scapulae und mediales Ende des unteren Randes der Spina.
17. M. sternocleidomastoideus (S. 270).
    o: Vorderfläche des Manubrium sterni, mediales Viertel oder Drittel der Klavikula.
    i: Proc. mastoides des Schläfenbeines, Linea nuchae superior des Hinterhauptbeines bis gegen deren Mitte.

maßen vom Gürtel aus über die freie Extremität in langen, parallel geordneten Streifen fortgesetzt und in Zahl und Lage möglichst den zahlreichen Längsstäben des Skeletts angepaßt (Abb. 125). Die vielfingrigen Extremitäten (Flossen) dieser Fische besitzen in ihnen einen sehr einfachen Hebe- und Senkmechanismus.

An der Schulter des Menschen sind die Abkömmlinge beider Gruppen (Mm. brachiales dorsales et ventrales, Tabelle I A und B) daran zu erkennen, daß ihre Insertionen am Humerus befestigt sind. Es gibt davon, wie wir bei der Detailbeschreibung sehen werden, eine einzige Ausnahme (Nr. 9), die ihre besonderen Gründe hat. Die Ursprünge der eigentlichen Armmuskeln sind zum Teil am Schultergürtel (Skapula und Klavikula) befestigt. Es sind das im wesentlichen kleine und in der Tiefe liegende Muskeln, welche uns zuerst beschäftigen werden, weil sie die einfacheren und älteren Verhältnisse darbieten und auch am meisten die feinere Skulptur des Skeletts beeinflussen. Zum Teil sind die Muskelursprünge weit über den Schultergürtel hinaus auf den Rumpf ausgedehnt: thorakopetal (Abb. 9, orange). So haben sich die schon mehrfach erwähnten Muskeln gebildet, welche weite Strecken des Rückens und der Brust besetzt halten und dort oberflächlich liegen. Aus dem Schema Abb. 126 ist zu ersehen, wie diese oberflächlichen großen autochthonen Muskeln der Schulter sich über andere Extremitätenmuskeln schieben können, welche erst später an den Schultergürtel herangewachsen sind. Die letzteren inserieren am Schultergürtel, zonale Muskeln, und sind daran von den eigentlichen Armmuskeln zu unterscheiden. Sie fehlen in der freien Gliedmaße völlig. Sie haben zwei Quellen. Eine große Abteilung der zonalen Muskeln ist vom Rumpf aus

an den Schultergürtel getreten, also thorakofugal gewachsen (Abb. 9, hellgelb). Diese Muskeln heißen Mm. thoracales (Tabelle II A und B). Die dorsale Gruppe inseriert auch beim Menschen vollzählig an der Skapula, die ventrale Gruppe ursprünglich ganz an der Klavikula, doch ist ein Muskel in der Regel nachträglich auf die Skapula übergewandert (Nr. 15). Die andere Quelle zonaler Muskeln gehört ursprünglich ausschließlich zum Kopf. Wir nennen die von ihm stammenden Muskeln Mm. craniales. Doch sind ihnen meistens nachträglich große Bestandteile von thorakalem Material einverleibt, deshalb Mm. craniothoracales genannt (Tabelle III). Diese Muskeln inserieren auch am Schultergürtel (Abb. 126) und halten ihre Insertion an dessen oberem, dem Kopf zugewendeten Rand oder in der Nähe davon zähe fest. Die Ursprünge sind nicht auf den Schädel beschränkt, sondern breiten sich weit über Nacken und Rücken aus. Daher kommt es, daß sie mit den Ursprüngen von trunkopetalen Eigenmuskeln der Extremität am Rücken zusammentreffen. Sie liegen oberflächlicher

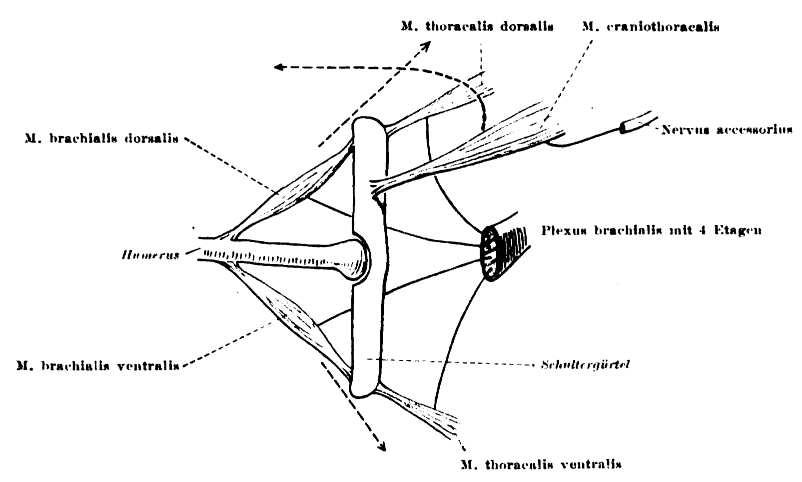


Abb. 126. Fünf verschiedene Muskeltypen der Schulter und die dazugehörigen Nerventypen (Schema.) Schultergürtel von kranial gesehen.

als diese und oberflächlicher als die dorsalen thorakalen Muskeln (der gebogene Pfeil im Schema Abb. 126 zeigt die Richtung der Ursprungsverschiebungen an).

Nerven als Ariadnefäden im Gewirr der Schultermuskeln

Außer experimentellen Eingriffen beim Embryo, welche die Muskeln verschiedener Herkunft künstlich sondern, indem den Anlagen der Weg des Auswachsens abgeschnitten wird (S. 33), ist das Nervensystem der Ariadnefaden, nach welchem die Muskelverschiebungen erkannt werden können. Bei der Schulter des Menschen sind wir auf dieses Hilfsmittel angewiesen. (Über die Bezeichnungen „dorsal" und „ventral" siehe auch S. 32.) Daß die Insertionen der Schultermuskeln zäh die ursprüngliche Befestigung am Skelett beibehalten haben, ist erst durch die Analyse der Nerven festgestellt worden. Denn generell trifft das nicht zu. Aber bei der Schulter ist die insertive Befestigung, weil sie die ursprüngliche ist, ein sehr einfaches Mittel zur Orientierung in den starken Verwerfungen der Schichten. Die Nerven sind bei ihrem Austritt aus der Wirbelsäule noch genau so geschichtet, wie es ursprünglich die Muskeln waren. Es ist dies im III. Band im einzelnen beschrieben. Hier genügt ein schematischer Überblick, um aus der Schichtung der Nervenfasern klar zu machen, in welcher Weise die Schichtenfolge der Schultermuskeln durch die Wanderungen der Ursprungsbefestigungen verändert ist. Im Schema Abb. 126 ist statt des vielgliederigen Nervengeflechtes für die Muskeln der ganzen Extremität (Plexus brachialis) nur ein Nervenstamm angenommen, der quer durchschnitten ist. Im ganzen unterscheiden wir vier Etagen von Nervenfasern, zwei dorsale und zwei ventrale; je die innere Abteilung geht mit Nervenfäden zu den Musculi brachiales, je die äußere zu den Musculi thoracales. Nur reine Musculi craniales



haben eine davon ganz unabhängige Innervation (Nervus accessorius, ein Kopfnerv). Die den beiden oberen und den beiden unteren Etagen des Plexus brachialis zugeordneten Muskelschichten liegen anfänglich in der gleichen Ebene. Aber die beiden Mm. brachiales schieben sich so über die Mm. thoracales hinweg (Pfeile), daß die mit den inneren Nervenetagen verbundenen Muskeln über die zu den äußeren Etagen gehörenden zu liegen kommen. Die Kopfmuskeln, welche wie ihr Nerv weiter kranial und deshalb in einem ganz anderen Niveau liegen als die vom Plexus versorgten Muskeln, schieben sich zu oberst über die beiden dorsalen Muskelstreifen (gebogener Pfeil). Die Folge ist, daß wir bei der Behandlung der Mm. brachiales von tief liegenden zu ganz oberflächlichen Muskeln geführt werden. daß die Mm. thoracales, die wir anschließen, zum Teil unter den letzteren versteckt zu suchen und die Mm. craniothoracales des Menschen immer am oberflächlichsten zu finden sind.

Beziehung der Muskelvarietäten zu den Verschiebungen

Die Verschiebungen des Muskelmateriales sind beim menschlichen Embryo nur an verhältnismäßig wenigen Stellen unmittelbar zu sehen (z. B. beim Latissimus und Pektoralis, welche nach dem Becken zu auswachsen). Auch bei Amphibien, wo experimentell Verschiebungen sichergestellt sind, ist mikroskopisch wenig von ihnen zu bemerken. Sie vollziehen sich in Frühstadien, in welchen die Zellen mit dem Mikroskop noch nicht als Muskelzellen erkennbar sind. Es gibt aber auch beim Menschen deutliche indirekte Anzeichen lebhafter Verschiebungen des ersten Anlagemateriales in den besonders zahlreichen Varietäten derjenigen Schultermuskeln, welche am weitesten vorgedrungen sind. Kein Gebiet der Körpermuskulatur ist so reich an individuellen Abweichungen von der Regel wie die Extremitätenmuskeln, welche die Oberfläche von Brust und Rücken bedecken. An der Brust ist die Eigenmuskulatur des Brustkorbes durch die aufgelagerten Extremitätenmuskeln reduziert und zum Teil verdrängt. Auch spielen hier die Umformungen des Schultergürtels eine Rolle. Das ganze Gebiet verhält sich wie Stellen der Erdrinde, bei welchen starke Verschiebungen der geologischen Schichten den Zusammenhang zerrissen haben, so daß abgesprengte Teile selbständig werden können. Ähnlich ist das Zustandekommen von neuen Muskelindividuen zu deuten, welche nicht selten als Variationen neben den üblichen Schultermuskeln gefunden werden. Die wichtigsten werden in der Detailbeschreibung bei den Muskeln, denen sie zugehören oder benachbart sind, aufgeführt.

Beziehung der Bewegungsrichtungen in der Schulter

Die Bewegungen, welche von den Schultermuskeln ausgeführt werden, betreffen das Schlüsselbein oder das Schulterblatt und dadurch mittelbar den Arm. Oder aber der Arm wird durch die Insertionen am Humerus unmittelbar bewegt. Außer den üblichen Ausdrücken für die seitlichen Bewegungen (Ab- und Adduktion) und die Drehung (Rotation) des ganzen Armes sind besondere Benennungen nötig für die Bewegung nach vorn, Anteversion, und nach hinten, Retroversion. Wird der Arm über die Horizontale gehoben, so heißt das Elevation. Man kann aus der Anteversion und Abduktion in die Elevation übergehen, aber nicht aus der Retroversion.

Es ist zweckmäßig, die Ausdrücke Anteversion und Abduktion auf die Bewegungen bis zur Horizontalen zu beschränken, weil bei stärkerer Erhebung die Richtung der Bewegung in das Gegenteil umschlägt.

b) Dorsale Gruppe der eigentlichen Armmuskeln (Mm. brachiales dorsales). Tabelle S. 231, Nr. 1—7.

Die Angehörigen der dorsalen Gruppe (Tabelle I A) zerfallen in zwei Untergruppen, von denen die eine (a) auf der Oberfläche der Skapula, also der Rückenhaut zunächst liegt. Die andere (b) liegt gerade auf der anderen Seite des Schulterblattes, auf dessen Unterfläche versteckt; doch sind Muskeln aus dieser Gruppe am Rand der Skapula über deren Unterfläche hinaus ebenfalls unter die Haut gelangt. Die Insertionen bleiben aber beisammen liegen, so daß die zur zweiten Unterabteilung gehörenden Muskeln an ihren Insertionen am Tuberculum minus humeri und an dessen Krista zu erkennen sind. Bei der folgenden Beschreibung der Schultermuskeln wird bei jedem Muskel zur Orientierung auf die Nummer in der Tabelle verwiesen werden.

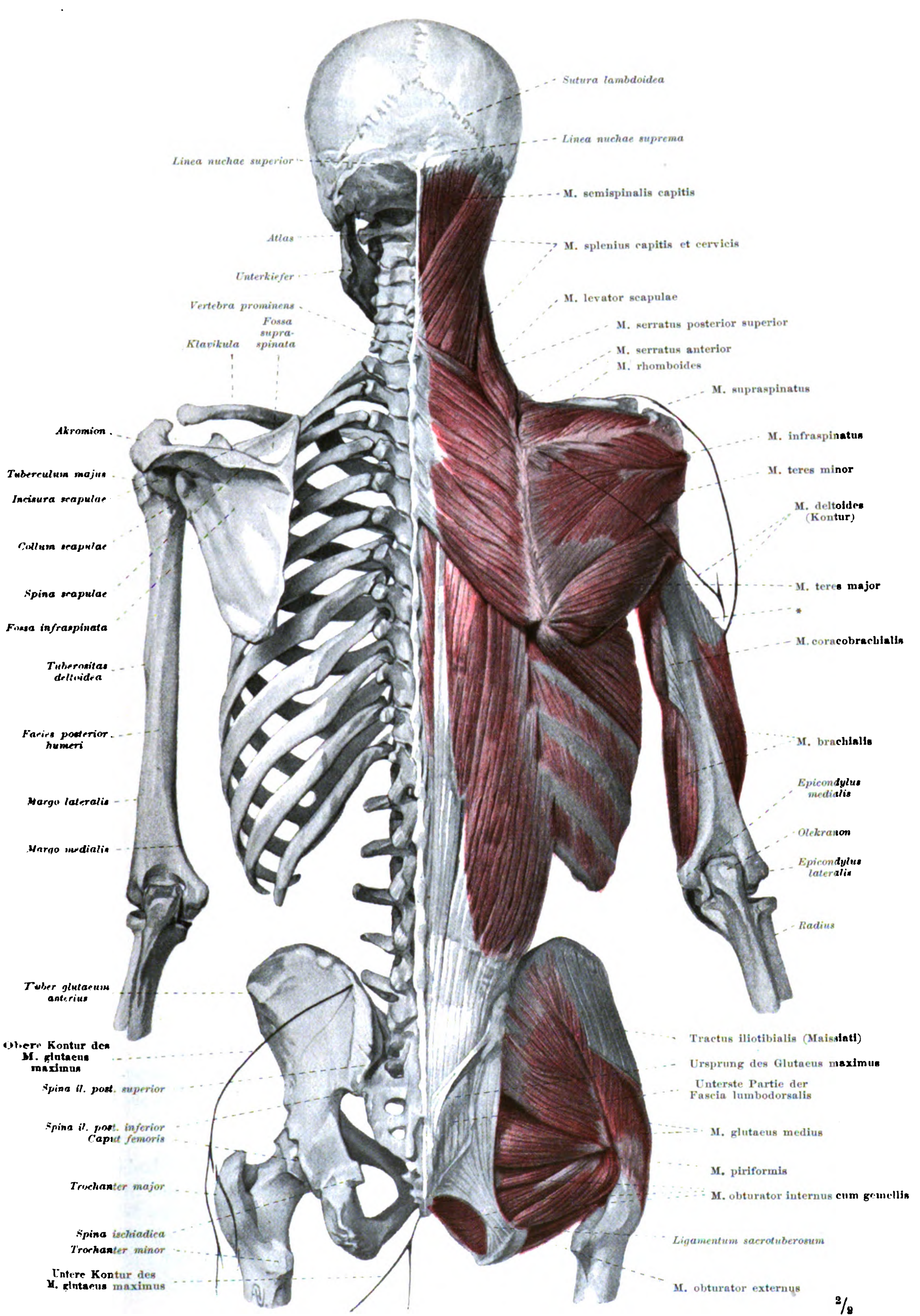


Abb. 127. Tiefe Rückenmuskeln, einige Schulter- und Beckenmuskeln. Natürliche Form und Lage (Muskeltorso; in Abb. 59 ist die folgende Schicht in der Ansicht von hinten abgebildet). Der Serratus posterior inferior und die Fascia lumbodorsalis sind weggenommen. * An dieser Stelle entspringen Fasern des M. brachialis von der Unterfläche des M. deltoides.

Die Insertionen der Mm. brachiales am Humerus und die Wirkung der Muskeln veranlassen mich, die Ansatzpunkte an diesem Knochen und den Oberarmkopf bereits hier zu beschreiben; die dazu nötige allgemeinste Kenntnis des Oberarmknochens kann bei jedermann vorausgesetzt werden. Zur Orientierung dienen Abb. 96, 127—129. Bei der Schilderung der Armknochen wird näher auf den Humerus eingegangen werden.

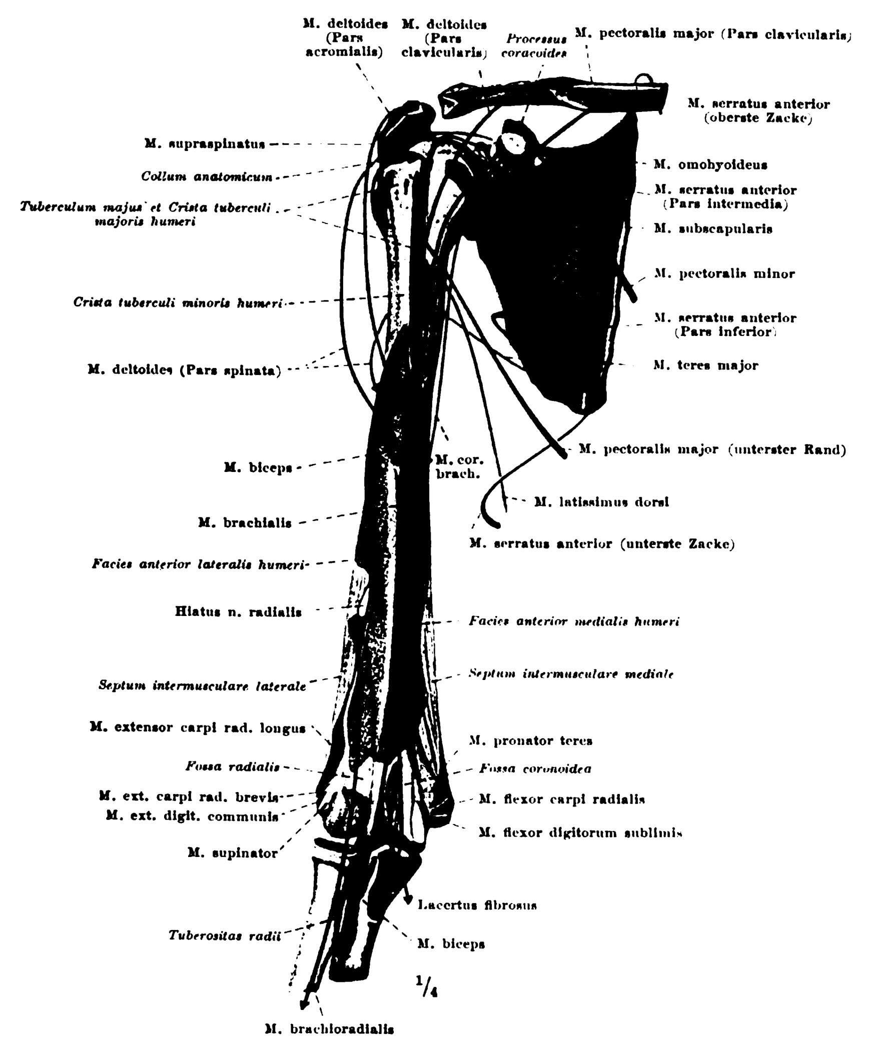


Abb. 128. Ursprünge (rot) und Insertionen (blau) der Schulter- und Oberarmmuskeln. Ansicht von vorn (Muskeltorso). Die Pfeile geben die genauen Richtungen der Hauptmuskelzüge an, Pfeilspitze auf Insertion gerichtet. Die Namenverweisungen sind an die Pfeile gezogen: man suche von dort aus die zugehörige Ursprungs- und Insertionsstelle auf.

M. supraspinatus (Tab. Nr. 1), Abb. 103, **127**, 128—130, 167

Musculus supraspinatus. Der Muskel hat die Form eines dreiseitigen Prismas. Die Sehne bildet sich im Inneren; sie tritt an der Spitze des prismatischen Muskelkörpers frei zutage. Er füllt die Fossa supraspinata des Schulterblattes gerade aus (Abb. 127) und entspringt an den Knochenflächen, welche diese Grube begrenzen mit Ausnahme der Ränder und der Partie der Fläche, welche zum Collum scapulae gehört (Abb. 129). Die Muskelgrube im

Knochen ist durch eine Faszie, welche am Rand der Skapula und der Krista befestigt ist, zu einer osteofibrösen Loge für den Supraspinatus abgeschlossen. Aus ihr schaut seitlich nur die platte, bandförmige Sehne heraus (Abb. 103, 167). Sie hat eine enge Spalte zwischen dem Schultergürtel und der Kapsel des Schultergelenkes zur Verfügung, durch welche sie wie ein Transmissionsriemen das Tuberculum majus des Humerus erreicht. Dieser Muskelhöcker liegt auf

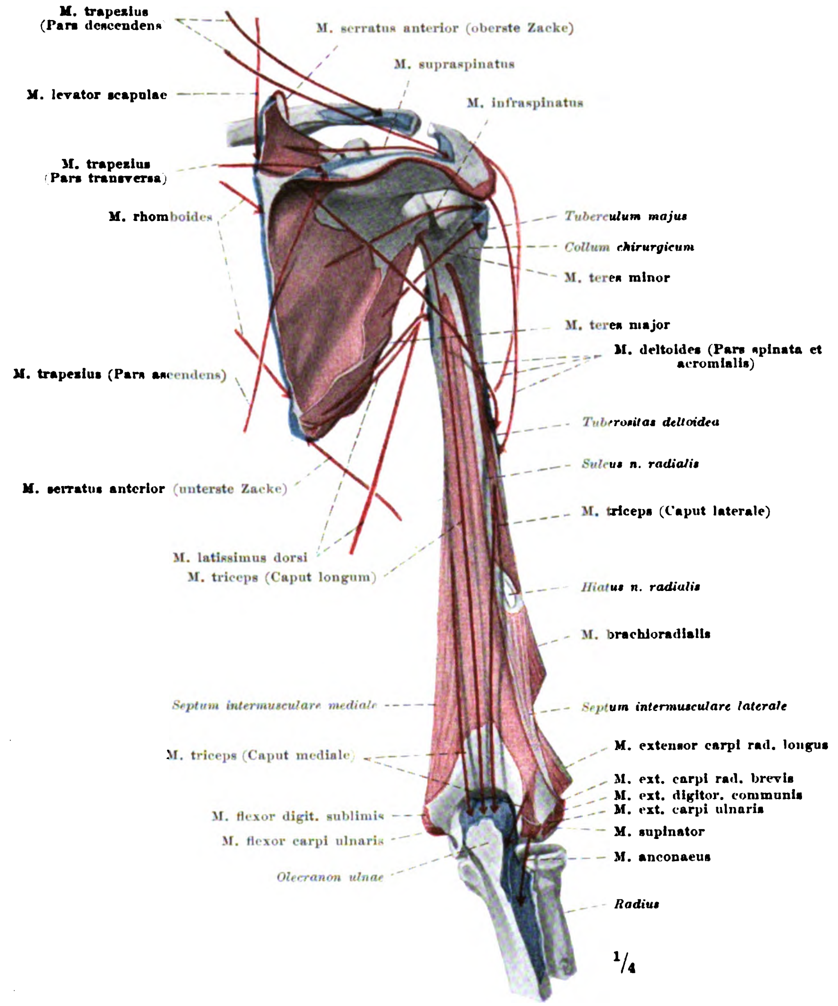


Abb. 129. Ursprünge (rot) und Insertionen (blau) der Schulter- und Oberarmmuskeln. Ansicht von hinten (siehe Abb. 128).

der Außenfläche des Oberarmknochens, wenn der Arm in Normalstellung herabhängt. Er hat drei Facetten (für den Supraspinatus und die beiden folgenden Muskeln). Die Facette für den Supraspinatus liegt zu oberst und schaut am meisten nach vorn (Abb. 128).

Die Sehne trennt auf ihrem Wege die Gelenkkapsel und -spalte von einem Schleimbeutel, Bursa subacromialis s. subdeltoidea (Abb. 130), welcher infolgedessen nie mit dem Schultergelenk in Verbindung stehen kann, solange die Sehne intakt ist (in sehr seltenen Fällen kommt seitlich von der Sehne eine Ver-

bindung vor). Bei der Präparation kann man sich vor den nicht seltenen Verwechslungen des Schleimbeutels mit dem Gelenk schützen, wenn man auf die Lage zur Sehne achtet.

Selbststeuerung der Kapselfalten durch den Supraspinatus

Infolge seiner Richtung (Abb. 128, 129, Pfeile, 167) abduziert der Muskel den Oberarm und unterstützt die Wirkung des Deltamuskels (Tabelle Nr. 4). Ist dieser gelähmt, so kann der Supraspinatus allein den Arm nach außen heben, wenn auch nicht mit großer Kraft, da das Mißverhältnis zwischen der Größe des Muskels und der Schwere des Armes zu groß ist; allerdings ist er in solchen Fällen verdickt. Immer ist er ein sehr versteckter Muskel, auch wenn er kontrahiert oder durch Überbenutzung vergrößert ist. Denn die Loge, in welcher er liegt, wird vom Trapezius (Tabelle Nr. 16) nach der Haut zu ausnivelliert. Seine wesentliche Bedeutung für die Norm liegt weniger in den Bewegungen des Armes direkt, als in der Regulierung der Gelenkkapsel bei diesen Bewegungen. Die Kapsel ist außerordentlich geräumig, weil sie für jede der großen Exkursionen des Armes im Schultergelenk Raum geben muß, ohne zu zerreißen. Wie der Schneider an den bewegtesten Teilen eines gut sitzenden Anzuges Stoff zugeben muß, so ähnlich ist es von der Natur bei der Kapsel dieses Gelenkes geschehen, das die größten Ausschläge von allen macht. Die Folge ist, daß immer Falten entstehen, sobald die Bewegung die betreffende Stelle nicht spannt. In Abb. 130 liegt eine solche Falte am unteren Gelenkabschnitt. Verschiebt sich beispielsweise der Gelenkkopf von der dort gezeichneten Stellung aus um den Drehpunkt und kommt sein oberer Abschnitt an die Pfanne zu liegen, so wird durch Verstreichen der Falte der untere Teil der Kapsel verlängert und dem Humeruskopf Platz gemacht; dafür wird der obere Abschnitt der Kapsel, von welchem der Humeruskopf wegrollt, in Falten gelegt. Die Gefahr liegt darin, daß die Falten nach innen in das Gelenk vorgedrängt und eingeklemmt werden, was bei der Empfindlichkeit der Kapsel unerträglich wäre. Im Falle des Supraspinatus würde die zuletzt beschriebene Falte auftreten, weil er den Arm seitlich hebt und weil bei seiner Kontraktion die Partie der Kapsel oberhalb des Gelenkkopfes am stärksten zusammengeschoben wird. Doch wird die Gefahr des Einklemmens sehr einfach durch eine Selbststeuerung vermieden. Unser Muskel inseriert nämlich mit seiner Sehne nicht nur am Humerus, sondern auch an der Gelenkkapsel selbst. Er zieht infolgedessen die Falten, welche in der Kapsel durch seine Wirkung auf den Knochen entstehen, automatisch nach außen. (In der Stellung der Abb. 130 würde die dort gezeichnete Falte in entsprechender Weise durch den M. subscapularis nach außen gezogen.)

Die zahlreichen Muskeln, welche sich um das Schultergelenk gruppieren (Abb. 103), und ähnlich alle Muskeln, welche anderen geräumigen Gelenken benachbart sind, versehen die gleiche Aufgabe. Nichts illustriert die Wechselwirkung zwischen aktivem und passivem Material beim Bewegungsapparat besser als diese Steuerung, bei welcher die Kapsel derb, aber dünnwandig und weit ist, weil damit Widerstände für den Muskel wegfallen, der Muskel aber wiederum so befestigt ist, daß die ihm dienlichen Eigenschaften der Kapsel ohne schädliche Nebenwirkung bleiben. Nur durch diese Symbiose sind Gelenke mit weiten Kapseln und großen Ausschlägen überhaupt möglich. Bei den hier behandelten Muskeln ist es am auffälligsten, weil die Schulter infolge der Aufrichtung unseres Körpers die größten Bewegungsausschläge erreicht hat.

Innervation: N. suprascapularis. Segmentale Nerven: C 5, C 6. Blutzufuhr: A. transversa scapulae aus A. subclavia und A. circumflexa scapulae aus A. axillaris.

M. infraspinatus (Tab. Nr. 2), Abb. 103, 127, 129, 131, 138

Musculus infraspinatus. Er nimmt die Fossa infraspinata ein, die viel größer ist als die F. supraspinata. Um den gleichen Betrag ist der untere Grätenmuskel größer als der obere. Die Ursprungsfläche hält die Skapula und Spina mit Ausnahme der Ränder und der Partie der Fläche besetzt, welche nach dem Kollum zu gelegen ist (Abb. 129).

Die ansatzfreie Stelle des Knochens dient zum Teil als Gefäßnervenstraße und schließt unter der Spina an die entsprechende Partie der Fossa supraspinata an. Sie führt von der Incisura scapulae, wo die Nerven und Gefäße eintreten, um den Knochen herum, ist aber ganz zugedeckt durch die beiden Grätenmuskeln. Auf der Unterfläche des Infraspinatus ist manchmal ein Faszienstreifen zu einer Brücke differenziert, welche sich zwischen dem Muskel und dem Gefäßnervenbündel einschiebt. Sie ist von der Wurzel der Spina zum Kollum ausgespannt (Ligamentum transversum inferius, S. 281).

Die Grenze der muskelfreien Partie der Skapula gegen den übrigen Knochen bricht bei Verletzungen leichter als andere Stellen des Knochens.

Der Infraspinatus ist mit dem Teres minor zusammen in eine sehr starke Faszie eingehüllt, welche an dem Rand der Spina und an dem Margo axillaris der Skapula befestigt ist. Sie schließt die untere Grätengrube zu einer Loge ab. Da sich Nachbarmuskeln (Latissimus, Teres major, Deltoides) über die Ränder der Loge legen, so ist sie nur zum Teil durch die Haut sichtbar und liegt

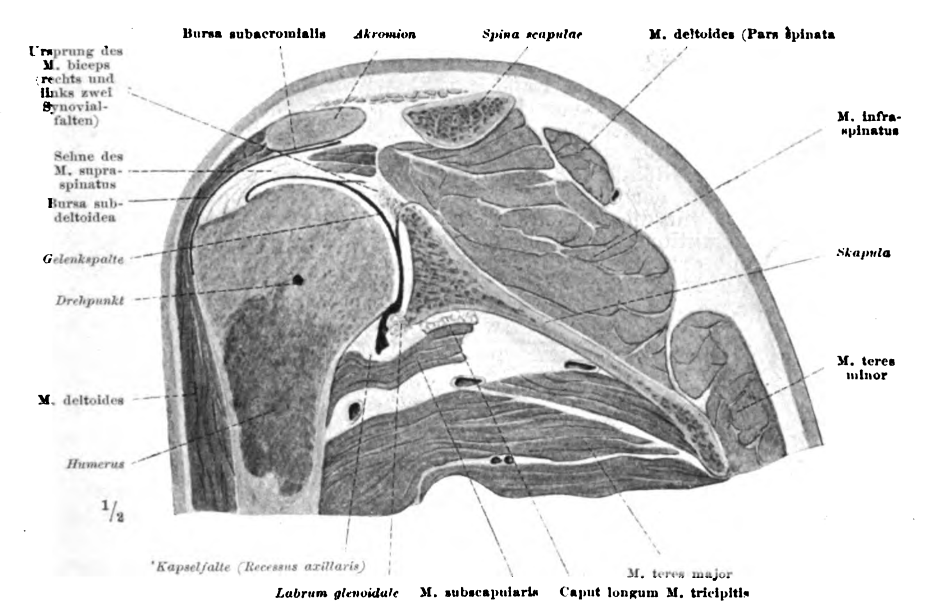


Abb. 130. Schulter, Gefrierschnitt, senkrecht zur Ebene der Gelenkpfanne. (Der Schnitt hat die Pfanne etwas seitlich von ihrem längsten Durchmesser getroffen.) Der platte Sehnenquerschnitt oberhalb des Akromion gehört zum M. trapezius.

vertieft in dieser (Abb. 101, 248). Nur in besonderen Haltungen des Armes springt der Infraspinatus vor (Abb. 138), aber nie so deutlich wie die Nachbarn. Die Loge hat die Form eines Dreiecks. Die Grenze gegen den Teres minor ist äußerlich nicht zu sehen. Häufig kann man auch mit dem Messer nur schwer oder unmöglich beide Muskeln trennen. Ihrer Innervation nach sind sie scharf geschieden.

Muskellängen und Momente d. Infra- und Supraspinatus

Entsprechend der großen Ursprungsfläche ist der Muskel in drei Teile gesondert: Pars superior, intermedia, inferior. Die obere kommt von der Spina, die untere aus der Nähe des Margo axillaris, beide sind parallel faserig. Die Pars media entspringt zwischen ihnen und hat konvergente Fasern, die an einer Sehne im Inneren fiedrig inserieren (Abb. 127). Die kurzfaserige Pars media wird von den beiden langfaserigen Randteilen bedeckt. Je nachdem eine ausgiebige, wenn auch schwache oder eine kurze, aber kräftige Bewegung gemacht werden soll, wird eine von diesen Fasergruppen bevorzugt. Die Wirkung



überträgt sich mit breiter Insertionssehne, die mit der Gelenkkapsel und mit den Sehnen der Nachbarmuskeln verwachsen ist, auf die mittlere Facette des Tuberculum majus. Diese Facette steht bei Normalstellung des Armes nach außen hinten (Abb. 127). Dreht man den Arm zunächst möglichst nach innen, so kommt von dieser Ausgangsstellung aus erst die Außenrotation durch den Infraspinatus und Teres minor voll zur Geltung.

Man sieht sie am besten, wenn man den Arm maximal eleviert und gleichzeitig im Ellenbogen beugt. Der Unterarm gibt dann wie ein Hebelzeiger an, wie stark der Oberarm rotiert wird. Die Hand steht bei Innenrotation in dieser Stellung über dem Hinterkopf und wird über dem Kopf hinweg nach vorn geführt. Die maximale Drehung nach außen beträgt etwas mehr als ein Viertelkreisbogen.

Zum Unterschied vom Supraspinatus, dessen Angriffsrichtung zum Humerus mit fortschreitender Abduktion kaum verbessert wird (geringes Moment S. 76), ist beim Infraspinatus und Teres minor die Wirkung deshalb sehr groß, weil die Sehne bei Innenrotation wie bei einem Kreisel um den Knochen gewickelt wird und bei Außenrotation mit voller Kraft abrollt (großes Moment).

Doppelte Sicherung der Abduktion und Außenrotation

Der Innervation nach gehören Infra- und Supraspinatus zusammen und erhalten ihren Nerv vom oberen Rand der Skapula; Teres minor und Deltoides (Tab. Nr. 3 und 4) bilden eine davon getrennte Gruppe, die ebenfalls zusammen, aber vom unteren Rand der Skapula her innerviert ist. Versagt bei den Bewegungen der Schulter die Nervenleitung, so ist die Wahrscheinlichkeit gering, daß beide Kabel an den verschiedenen Rändern des Knochens gleichzeitig betroffen werden; es wird deshalb entweder der Infraspinatus oder der Teres minor, die gewöhnlich zusammen arbeiten, für die Außenrotation, und der Supraspinatus oder Deltamuskel für die Abduktion zur Verfügung bleiben. Die doppelte Sicherung dieser Bewegungen beruht darauf, daß für jede Bewegung zwei Muskeln zur Verfügung stehen und daß die Innervation gekreuzt ist nach dem Schema:

	Abduktion		
N. suprascapularis	Supraspinatus	Deltoides	N. axillaris
	Infraspinatus	Teres minor	
	Außenrotation.		

Innervation und Blutzufuhr: wie beim Supraspinatus.

Bursae synoviales: eine konstant zwischen Pars superior und Crista scapulae; eine inkonstant zwischen Endsehne und Gelenkkapsel, die bei alten Leuten manchmal in Kommunikation mit der Gelenkhöhle steht.

M. teres minor (Tab. Nr. 3), Abb. 103, 127, 129

Musculus teres minor. Die Größe des Muskels ist individuell sehr wechselnd. Er ist immer dem Infraspinatus so eng angeschlossen (Abb. 127), daß ein Teil der Muskelfasern außer vom Rand der Skapula von dem Bindegewebsseptum entspringt, welches zwischen den beiden Muskeln eingepreßt liegt. Nach diesem kann man sie trennen; doch kommt es vor, daß der Innervation nach Teile oberhalb des Septum, welche in den Infraspinatus einverleibt sind, aus dem Anlagematerial des Teres minor stammen. Der Muskel kann vollständig fehlen oder nur durch einen Bindegewebsrest vertreten sein. Die Sehne, welche an der unteren Facette des Tuberculum majus humeri inseriert (Abb. 129), ist mit der Kapsel und der Sehne des Infraspinatus verschmolzen. Die Wirkung auf die Kapsel ist die gleiche wie beim Ober- und Untergrätenmuskel, die Wirkung auf den Knochen besteht in Außenrotation wie beim Infraspinatus. Wegen der Faszie siehe auch letzteren.

Innervation: N. axillaris. Segmentaler Nerv: C 5. Blutzufuhr: A. circumflexa scapulae.

M. deltoides (Tab. Nr. 4), Abb. 96, 99, 100, 127–134, 138, 171, 173, 243

Musculus deltoides. Der Muskel hat seinen Namen wegen des alten Vergleiches seiner Form mit dem griechischen Buchstaben. Das Delta steht umgekehrt, mit der Spitze nach unten. Am deutlichsten ist die Figur, wenn der losgelöste Muskel plan ausgebreitet wird. In situ ist der Muskel so um die

Schulter herum gelegt, daß er von keiner Stelle aus ganz zu übersehen ist, sondern ein Teil ist immer perspektivisch stark verkürzt. Die sichtbaren Stücke, mag man den Körper von vorn, von der Seite oder von hinten betrachten, sehen für sich auch dreieckig aus, wenn der Arm herabhängt. Der Muskel ist wegen seiner oberflächlichen Lage leicht durch die Haut hindurch zu sehen; man muß sich hüten, den dreieckigen Teil des Muskels einer bestimmten Ansicht für das ganze Delta zu halten (Abb. 60, 99, 100, 132).

Der Ursprung an dem äußeren Drittel des Schlüsselbeines (Abb. 128) ist oft am Knochen durch eine besondere Rauhigkeit markiert, die der Unkundige mit einer pathologischen Wucherung verwechseln kann. Der Muskel entspringt am Schlüsselbein, an der Schulterhöhe und der Gräte des Schulterblattes mit Sehnen, die bald im Muskelfleisch verschwinden. Zu hinterst an der Spina, wo diese sich zu einem dreieckigen Auslauf am Margo vertebralis verbreitert (Trigonum spinae, Abb. 124), ist die Sehne oberflächlich am besten und regelmäßigsten sichtbar. Das Muskelfleisch weicht hier meistens so weit vom Befestigungspunkt der Sehne am Knochen zurück, daß der Wulst des kontrahierten Muskels schon ziemlich weit vom Trigonum aufhört (Abb. 131).

Diese Stelle des Muskels entspringt häufig von der Faszie des Infraspinatus, die deshalb durch sehnige Züge zu einer der derbsten Faszien des Körpers verstärkt zu sein pflegt.

Wölbung des Deltoides, abhängig vom Knochen

Von der Ursprunglinie, die ihrer ganzen Länge nach durch die Haut sichtbar oder wenigstens fühlbar ist, hängt der Muskel wie ein Vorhang über das Schultergelenk und die diesem zunächstliegenden Muskeln herab (Abb. 127). Er hat die Form des oberen Endes des Humerus; die kugelige Rundung des Muskels ist aber nicht durch den Humeruskopf direkt bedingt, der weiter nach innen liegt, sondern durch das Tuberculum majus, welches ganz unter dem Muskel versteckt, aber in seinen groben Umrissen durch ihn tastbar ist (Abb. 96). Da der Humerus mehr unter der vorderen Hälfte des Muskels liegt, so ist diese besonders kugelig gewölbt; die hintere Hälfte ist mehr plan ausgebreitet und folgt darin der Form der Skapula (vgl. Abb. 99, 131).

Das Tuberculum minus humeri ist beim herabhängenden Arm auch vom Deltamuskel bedeckt. Da es am Knochen gerade nach vorn schaut und kleiner ist als die laterale Muskelapophyse, so kann man es am vorderen Rand des Muskels weniger genau fühlen.

Ist der Humeruskopf aus seiner Lage gerückt (Luxation), so verliert der Deltoides seine Wölbung, ein Beweis dafür, daß der Knochen für die Wölbung eine wichtigere Komponente ist als die Dicke des Muskels.

Kleine Insertionsfläche, Mißverhältnis zur großen Ursprungslinie

Die Insertion des Deltoides am Humerus liegt etwa in der Mitte des Oberarmes an der Außenkante des Knochens und hat selbst die Form eines auf der Spitze stehenden Deltas, Tuberositas deltoidea (Abb. 128, 129). Eine Knochenleiste, die Crista tuberculi majoris, an welcher ein ventraler Muskel inseriert (Pectoralis major, Tabelle Nr. 10), läuft bis gegen die Insertion des Deltamuskels hin und ist oft bis zu ihr selbst verlängert. In dieser Beziehung zum Tuberculum majus ist — außer in der Innervation — die Zugehörigkeit des Muskels zu den bisher behandelten drei Muskeln ausgedrückt. Die Insertion kann mit der Sehne des großen Brustmuskels (Tabelle Nr. 10) zusammenhängen. Die Haut hat eine Einsenkung an dieser Stelle, welche mit einer quergestellten Linie über der Sehne des Muskels beginnt, weil man die tiefliegende Spitze des Insertionspunktes nicht sieht (Abb. 173). Die kleine Insertionsfläche und die große Ursprungslinie stehen in einem sehr starken Mißverhältnis zueinander. Nur durch einen sehr komplizierten Innenbau des Muskels können alle Muskelfasern so umgeschaltet werden, daß sie auf die kleine Stelle am Humerus wirken.



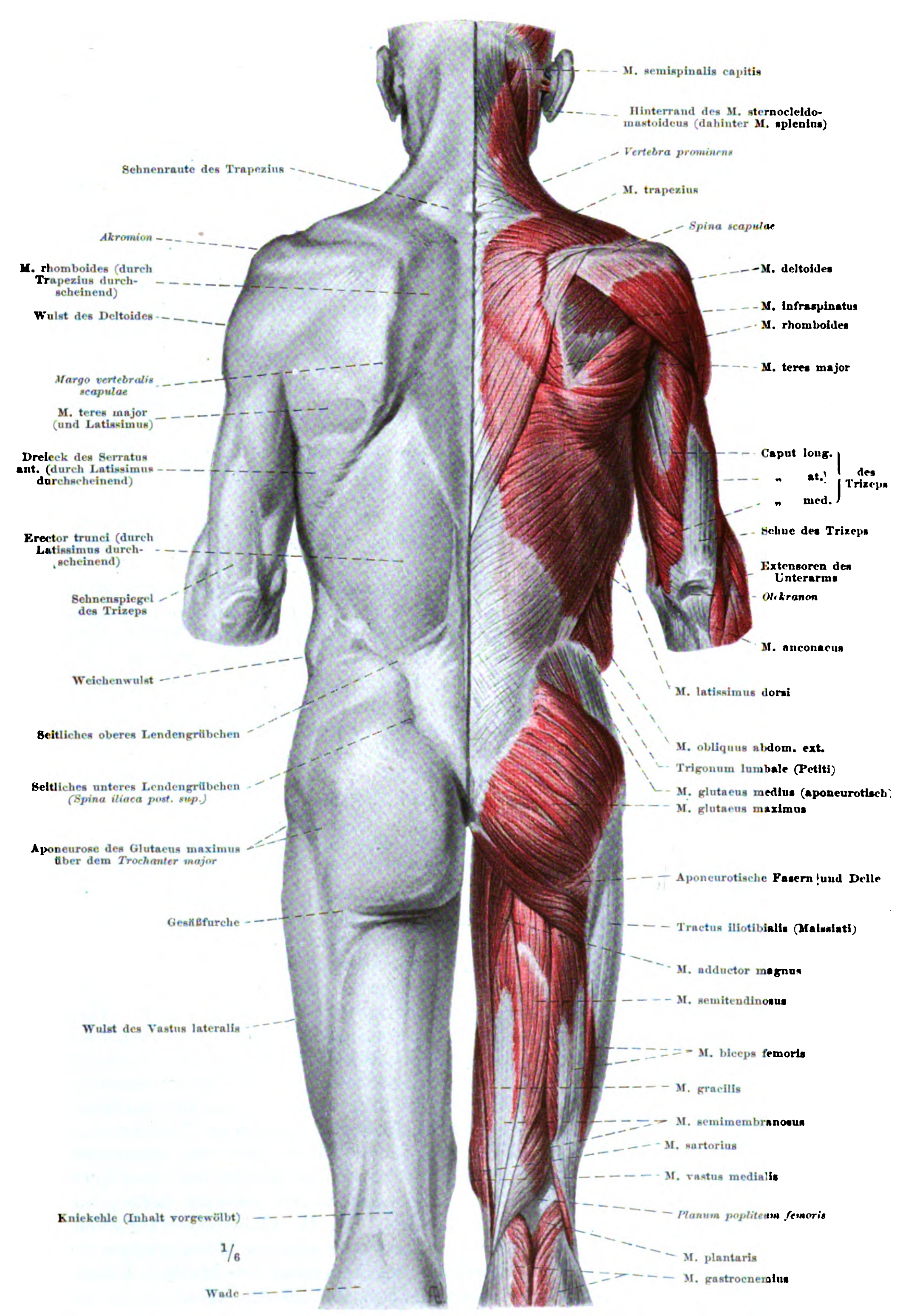


Abb. 131. Rücken, oberflächlichste Schicht der Muskeln und Relief der Haut. (Muskeltorso, vgl. tiefere Schichten Abb. 59, 97, 127.) Die Beziehung der Trochantergrube zum Skelett ist aus Abb. 127 links zu ersehen. Rhombus sacralis (bei der Frau: „Venusraute") ist ein nach oben vom Muskelfleisch des Erector trunci (durch die Sehne des Latissimus hindurchschimmernd, rechts) abgegrenztes Sehnenfeld; Rhombus lumbalis heißt das größere Feld, welches bis zum Muskelfleisch des Latissimus selbst reicht. Der Rhombus sacralis zeichnet sich im Hautrelief ab (links).

Die Mechanik des Muskels ist durch die aufrechte Körperhaltung des Menschen vor eine Aufgabe gestellt, die nur in beschränktem Maße gelöst ist. Die meisten Bewegungen des Muskels müssen die Schwere des Gliedes überwinden. Nur die Rotationen um die Längsachse, welche von der vorderen und hinteren Randpartie allein besorgt werden, brauchen dies nicht. Was es aber für den Muskel heißt, das Armgewicht zu tragen, das weiß buchstäblich jedes

Geringes Moment des Deltamuskels, Beziehung des inneren Baues dazu

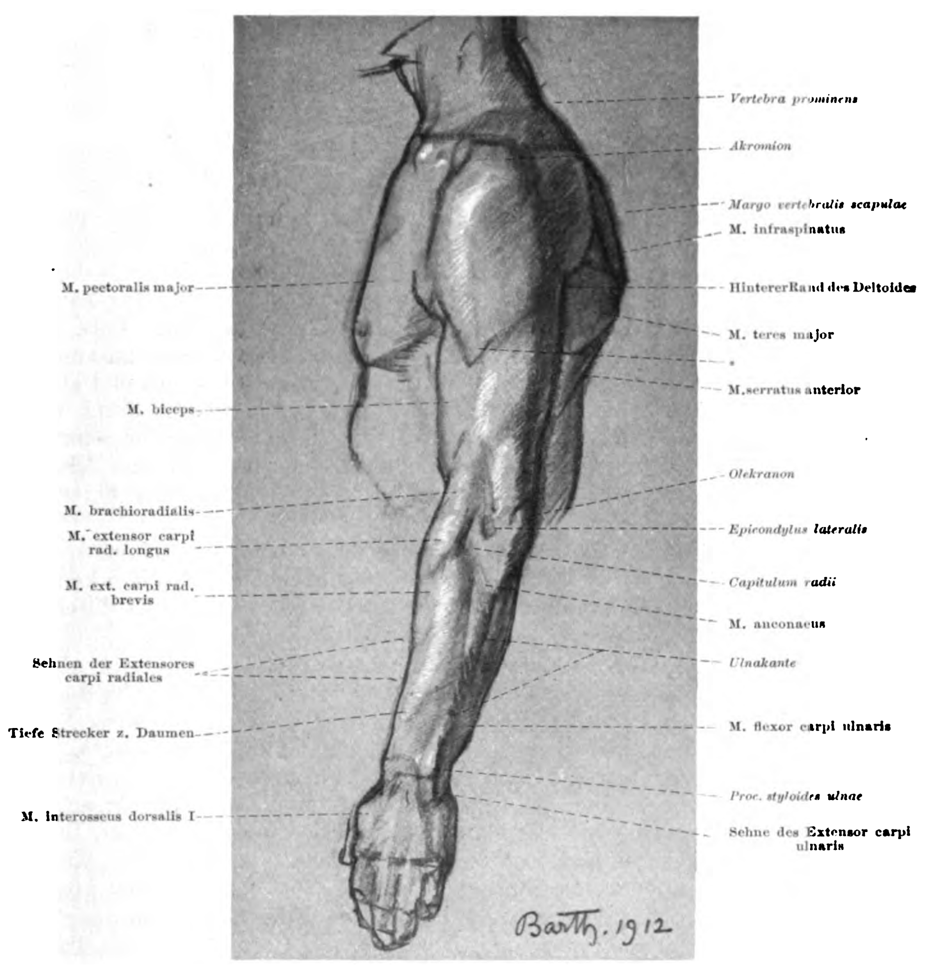


Abb. 132. Arm von der Seite, Mittelstellung des Unterarms zwischen Pro- und Supination. * Spitze des Deltamuskels, schematisch. Sie liegt im gleichen Niveau mit dem Unterrand des Pectoralis major (die wahre Plastik dieser Stelle in Abb. 173). Der Vorderrand des Unterarmes hat einen sehr unruhigen, der Hinterrand einen sehr ruhigen Kontur (vgl. die verursachenden Muskeln in Abb. 182).

Kind; denn es ist bekanntlich eine schmerzhafte Probe der Kinder, den Arm möglichst lange wagrecht zu halten und die Willenskraft zu wägen, die das erfordert. So kommt es, daß die mittlere Partie des Muskels, Pars acromialis, sich ihrem Bau nach scharf von den Randpartien, Pars clavicularis und Pars spinata, unterscheidet. Die von der Klavikula und Spina scapulae entspringenden Portionen sind parallel faserig und schieben sich unter die Pars acromialis (Abb. 99, 131); indem sie möglichst an der lateralen Kante des Humerus

inserieren, haben sie das größte Moment für die Rotation. Die Pars clavicularis dreht nach innen, die Pars spinata nach außen, beide zusammen adduzieren den Arm. Die Pars acromialis abduziert, wenn sie allein wirkt; sie antevertiert mit der Pars clavicularis zusammen, sie retrovertiert gemeinsam mit der Pars spinata (vgl. Pfeile Abb. 128, 129). Immer hat die Pars acromialis die Last des Armes zu tragen, solange der Mensch steht, und nur ein geringes Moment bei der Arbeit. Denn der Knochen bleibt, während er gehoben wird, immer ungefähr in der Richtung der Muskelfasern stehen. Könnte er über die Horizontale im Schultergelenk gehoben werden, so würde das Moment wachsen. Aus Gründen der Gelenkmechanik ist das nicht möglich. So ist der Muskel auf größte Kraft gebaut, um trotz des geringen Momentes möglichst der Aufgabe zu genügen, den Arm bis zur Horizontalebene zu erheben.

Vom Ursprung des Muskels senken sich drei bis fünf Sehnenpfeiler, an welchen die Muskelfasern inserieren, in die Tiefe des Fleisches. Zwei bis vier Sehnenblätter schieben sich von der Insertion in den Muskel ein und alternieren mit den Sehnenpfeilern, die von oben kommen. Auch sie sind Sammelpunkte für Muskelfasern. Auf der Hinterseite des Muskels breitet sich die Endsehne weit nach oben hin aus und endet mit vielen Zacken, an denen die Muskelbündel fiederig ansetzen. So setzt sich die Pars acromialis anstatt aus wenigen langen, aus vielen kurzen Muskelfasern zusammen, welche je zu Bündeln im Innern des Muskels sehnig vereinigt sind und gleichsam Muskeln im Muskel bilden. Der Gesamtdurchschnitt wächst durch diese Fiederung beträchtlich; die Vereinigung aller Komponenten in der schmalen Insertion bleibt doch gewahrt. Durch die Haut sieht man oft die Niveaudifferenzen, welche zwischen den kontrahierten Muskelbündeln entstehen (Abb. 133, 138).

Ein großer Teil der Kraft des Deltoides dient dazu, den Humeruskopf in die Pfanne zu drücken und Stöße, welche den erhobenen Arm treffen können, z. B. beim Sturz, auf die Skapula weiter zu leiten. Sie werden dort durch die Muskelzüge gebremst, in welchen das Schulterblatt hängt.

Vielseitigkeit u. antagonistisch wirkende Teile des Deltamuskels

Überblicken wir die Leistungen des Muskels, so fällt auf, daß er an sämtlichen Bewegungen des Armes im Schultergelenk beteiligt ist. Nur für die Elevation des Armes kann er nichts Wesentliches leisten (S. 292); aber diese Bewegung findet auch nicht, wie wir sehen werden, im Schultergelenk statt. Der Deltoides ist eines der besten Beispiele für die Vielseitigkeit der Leistungen von Muskelfasern, die in dem gleichen Individuum vereinigt sind; an antagonistischen Wirkungen fehlt es nicht, da Adduktion und Abduktion, Innen- und Außenrotation, Ante- und Retroversion je nach den Teilen des Muskels und den Teilkombinationen, die innerviert werden, zustande kommen können.

Die Faszie des Deltoides geht an den Rändern des Muskels in die Faszie der Nachbarmuskeln über (Latissimus, Tabelle Nr. 7, Pectoralis major, Tabelle Nr. 10, Trapezius Tabelle Nr. 16; siehe Näheres bei diesen).

Innervation: N. axillaris. Segmentale Nerven: (C 4) C 5, C 6. Da der Nerv vom Hinterrand des Muskels aus auf dessen Unterfläche verläuft und mit Ästchen sukzessive nach vorn in ihn eintritt, so sind chirurgische Eingriffe am vorderen Rand durch Längsschnitt in der Richtung der Muskelfasern relativ unschädlich (Ort der Wahl). Je mehr sich ein tiefgehender Schnitt oder eine Verletzung dem Hinterrand nähert, ein um so größeres Stück des Nervs und damit des Muskels wird gelähmt und unbrauchbar (es ist größte Vorsicht beim Eindringen auf den Humeruskopf nötig, um den Nerv zu schonen). Blutzufuhr: A. circumflexa humeri posterior und A. thoracoacromialis aus A. axillaris; R. deltoideus der A. profunda brachii aus A. brachialis. Bursae synoviales: Unter dem Deltoides liegt ein sehr gut gegen den Muskel abgegrenzter großer Schleimbeutel, welcher bei herabhängendem Arm bis 3 cm über den Rand des Akromion hinabreicht. Er schützt den Deltoides gegen das Schultergelenk, Bursa subdeltoidea (Abb. 130). Er

bewahrt auch, da er zwischen dem Schulterdach (Akromion, Ligam. coracoacromiale und Korakoid) und der Gelenkkapsel tief eindringt, diese Teile vor Reibungen gegeneinander, Bursa subacromialis. Gewöhnlich ist eine Spalte vorhanden, es können aber auch zwei getrennte Spalten vorkommen. Über die Lage der Sehne des Supraspinatus zu dem Schleimbeutel siehe S. 238. Mit dem Schultergelenk kommuniziert er nicht (außer in seltenen Ausnahmen und bei Verrenkungen im Gelenk). Eine Bursa supracoracoidea, welche lediglich zwischen Skeletteilen liegt (zwischen Proc. corac. und Klavikula), bedeckt der Deltamuskel ebenfalls.

Über die Vertiefungen am Rande des Muskels siehe Teres major (Tabelle Nr. 6) und Pectoralis major (Tabelle Nr. 10).

Musculus subscapularis. Der Muskel ist der erste einer besonderen Untergruppe, zu welcher außer ihm die beiden folgenden gehören (Tabelle A, b). Er hält den ursprünglichen Platz der ganzen Gruppe, die Unterfläche der Skapula, mit seinem Ursprung inne, ja er ragt mit seinem unteren Rand über den Margo axillaris des Knochens einige Zentimeter breit hinaus (Abb. 120). Seine Sehne ist entsprechend breit, zieht schräg zur Richtung des Margo axillaris scapulae zum Humerus und setzt wesentlich am Tuberculum minus, außerdem auch noch ein Stück weit an der Krista an, welche den Muskelhöcker fortsetzt (Abb. 128). M. subscapularis (Tab. Nr. 5), Abb. 103, 120, 128, 135, 167

Das Tuberculum minus humeri dient nur diesem Muskel und ist deshalb nicht in Facetten untergeteilt. — Der Muskel ist nur bei hochgradiger Magerkeit in der Achselhöhle sichtbar (Abb. 135); immer ist der das Schulterblatt überragende dicke Rand fühlbar, wenn man von der Achselhöhle aus den Margo axillaris abtastet. Er ist die Führungslinie, welche den palpierenden Finger zum Schultergelenk hinleitet.

Die Skapula ist auf ihrer Unterfläche muldenartig vertieft, Fossa subscapularis (Abb. 170). Sie schließt mit der Faszie des Muskels, welche ringsum an den Rändern des Knochens befestigt ist, eine Loge für ihn ein. Nur der vertebrale Rand bleibt für die Ansätze dorsaler thorakaler Muskeln frei (Serratus, Tabelle Nr. 13). Die osteofibröse Tasche ist nach dem Schultergelenk zu für den Austritt der Sehne des Subskapularis offen. Logen für die Rotationsmuskeln der Schulter

Man nennt auch die drei Faszien der beiden Gräten- und des Unterschulterblattmuskels zusammen Fascia scapularis. Sie schließt die dem Knochen zunächst liegenden Muskeln in drei scharf abgegrenzte Logen ein, deren einziger Zugang (außer kleinen Löchern für Gefäße und Nerven) an dem Austritt der Sehnen am Schultergelenk liegt. Wie dicht der Abschluß der osteofibrösen Wände ist, zeigt sich bei Blutergüssen in der Nähe des Gelenkes z. B. bei Bruch des Schlüsselbeins; das Blut kann wohl in die Logen hinein gelangen, wird aber dort deponiert und dringt deshalb nicht bis unter die Haut des Rückens vor.

Der Muskel selbst ist dreiseitig geformt (Abb. 167) und so dick, daß er die Unterfläche der Skapula hinreichend abpolstert, um bei den Bewegungen zu verhindern, daß die Ränder des Knochens auf dem Brustkorb schleifen. Es wird sich zeigen, daß zwischen Schulterblatt und Rippen eine sehr schmächtige Muskelplatte eingeschoben ist (Serratus, Tab. Nr. 13), welche auf diese Weise vor Druckläsionen durch die Skapula geschützt ist. Der Subskapularis rotiert den Humerus nach innen, ist also Antagonist des Infraspinatus, Teres minor und der Pars spinata des Deltoides. Für den Supraspinatus gibt es auf der Unterfläche des Schulterblattes keinen Partner und daher fehlt auch der Anlaß zur Bildung einer Spina; die letztere wird also durch die Beziehung zu der abduktorischen Aufgabe des Supraspinatus und durch die Sonderung der Funktion dieses Muskels von der des Infraspinatus und Teres minor (Rotation) induziert. Mit jenen Muskeln hat der Subskapularis die Insertion an der Schultergelenkkapsel gemeinsam, deren Bedeutung früher erläutert wurde (S. 238). Vergleich mit Supra- und Infraspinatus

Die Fossa subscapularis ist von 3—7 schräg aufsteigenden Knochenleisten durchzogen, welche Spinae in statu nascendi sind und die Ursprungsfläche des Muskels vergrößern: Lineae musculares (Abb. 170). Es entspringen Sehnenblätter an ihnen und die zwischen und an je zwei Sehnenblättern be-



festigten Muskelfasern formieren gefiederte Muskelchen (Abb. 167), aus welchen sich der Gesamtmuskel aufbaut (ähnlich wie der Deltoides aus seinen Teilmuskeln). Die Randpartien sind auch hier parallelfaserig und überdecken nach der Insertion zu die Sehne, welche sich früh aus der Portio intermedia bildet. Der Ursprung läßt am Knochen eine Stelle frei (Abb. 128); die Muskelfasern erreichen auf diese Weise eine Länge, welche der Größe des Bewegungsumfanges im Gelenk entspricht.

Die muskelfreie Stelle korrespondiert mit einer ebensolchen auf der Außenseite des Schulterblattes, welches hier Brüchen am ehesten ausgesetzt ist. Es liegen auf der Unterfläche des Knochens keine Gefäße und Nerven innerhalb der muskelfreien Stelle, ein Hinweis darauf, daß die entsprechende Stelle auf der anderen Seite nicht ursächlich durch das Gefäßnervenbündel bedingt, sondern nur als freie Straße von ihm ausgenutzt ist. Außer vom Knochen entspringen Muskelfasern auch von der Faszie, welche die Loge abschließt.

Innervation: N. subscapularis. Segmentale Nerven: C 5, C 6 (C 7). Blutzufuhr: Aa. subscapulares aus A. axillaris. Bursa synovialis: am oberen Rand des Muskels liegt zwischen ihm und dem Knochen ein Schleimbeutel, der meistens mit dem Schultergelenk zusammenhängt und in zwei Bursae getrennt sein kann: Bursa subscapularis s. subcoracoidea (Abb. 148).

M. teres mj. (Tab. Nr. 6), Abb. 60, 87, 103, 106, **127**, 128, 129, **131**, 133, 135, **167**

Musculus teres major. Die ursprüngliche Zugehörigkeit des Muskels zu dem vorhergehenden äußert sich außer in der gemeinsamen Innervation und der Nachbarschaft der Insertionen auch gelegentlich darin, daß die Muskeln nicht getrennt sind oder daß zwischen ihnen als Varietät ein besonderer Muskel vorkommt (M. subscapularis minor). Die Spaltung der einheitlichen Anlage in zwei Muskeln ist in solchen Fällen ausgeblieben oder irregulär verlaufen. Der Ursprung des Muskels liegt beim Menschen nicht auf der Unterfläche des Schulterblattes, sondern ist ganz auf die Außenfläche gerückt und nimmt hier eine ovale Fläche am Angulus inferior scapulae ein (Abb. 129). Der Muskel ist aus parallel verlaufenden Fasern zusammengesetzt, aber seine Form ist darum nicht einfach. Sie ist nur aus der Lage und bei Berücksichtigung des Latissimus (Tabelle Nr. 7) zu verstehen, mit welchem der Teres major genetisch und funktionell eng zusammenhängt.

Sehr häufig hat der Latissimus an der Spitze des Angulus inferior scapulae einen Ursprung (Abb. 129). Dieser Teil des Muskels liegt dann dem Teres major ganz entsprechend. Das Gros des Latissimus ist aber eine Ausbreitung von dieser schmalen Muskelpartie aus über den ganzen Rücken; selten fehlt das Ursprungsfaszikel an der Skapula, welches der ursprünglichsten Portion des Muskels entspricht.

Spiralige Überkreuzung des Teres major und Latissimus

Der Latissimus läuft in einer langgezogenen Spirale um den Teres major herum (Pfeile in Abb. 128, 129). Bei herabhängendem Arm ist der Teres major mit der Endsehne des Latissimus so von oben nach unten außen herumgeklappt (Abb. 103), daß er am Humerus weiter distal herabgreift als die Latissimussehne, obgleich der Bauch des Teres am Rücken weiter kranial liegt als der Latissimus. Diejenigen Fasern des Teres, welche am Ursprung kranial liegen, inserieren am Humerus distal; die kaudal entspringenden heften sich proximal an. Ganz entsprechend ist der Latissimus in sich spiralig gedreht, wenn der Arm herabhängt. Man hat die Lage der beiden Muskeln zueinander als „Umarmung“ (embrassement) bezeichnet. Sie wickeln sich auseinander, wenn der Arm erhoben wird (Abb. 101).

Da die spiralige Drehung der Fasern nur beim herabhängenden Arm besteht, ist sie übersehen worden. Denn in dieser Stellung sind Teres major und Latissimus nicht ohne weiteres zugänglich; es ist deshalb üblich, sie bei abduziertem Arm zu präparieren.

Teres major und Latissimus werden im Leben in ganz außergewöhnlichem Maß passiv beansprucht, je mehr sich der Humerus von der Skapula entfernt. Beim Latissimus kommt eine weitere Dehnung hinzu, wenn die Skapula mit

dem Humerus zusammen bei der Elevation des Armes von dem Ursprung des Muskels am Rücken entfernt wird (Abb. 140). Für den Teres major trägt es relativ am meisten aus, weil der Muskel der weitaus kürzere von beiden ist. Er kann passiv auf das Doppelte der Länge, welche er im aktiven Kontraktionszustand hat, gebracht werden. Es geht dies nur zum Teil auf Kosten der passiven Dehnung der Muskelfasern, zum Teil wird der Muskel in der Weise länger, daß die umgefaltete Stelle aufgeklappt und die spiralige Drehung der Fasern abgewickelt wird.

Die Falte des Muskels und die Latissimusfalte, die sie umfaßt, hat außerdem die Aufgabe, dem langen Kopf des Trizeps als Hypomochlion zu dienen (siehe unten).

Sparsame und teure Verwendungsarten

Aktiv ist der Muskel imstande, den Arm zu retrovertieren und zu adduzieren, besonders wenn er in entgegengesetzter Ausgangsstellung steht (Anteversio, Abductio). Er springt besonders bei auf den Rücken gekreuzten Armen vor („Gelehrtenmuskel"). Eine drehende Wirkung (Innenrotation) ist wohl möglich; doch sind die kurzen Muskelfasern des Subskapularis dazu viel brauchbarer. Denn jeder Muskel, welcher parallelfaserig und für den Bewegungsausschlag zu lang ist, wie der Teres für die Rotation, bedeutet für den Betrieb eine Verschwendung. Bei kurzen fiedrigen Muskeln kann dagegen je nach dem Widerstand ein größerer oder kleinerer Teil der Einzelabschnitte innerviert werden.

Form im ganzen und im Körperrelief

Die Form des Teres major ist wegen der wechselnden aktiven und passiven Beanspruchungen sehr verschieden; niemals ist er selbst wirklich rund, wie sein lateinischer Name andeutet. Aber die deutliche Vorwölbung, welche er dem Relief der Körperoberfläche am unteren Rand des Schulterblattes bei einigermaßen gut entwickelten Muskeln verleiht, hat eine rundliche Form, weil nur der Teil des Muskels sichtbar ist, welcher hinter dem Rand des Deltamuskels liegt (Abb. 131). In Wirklichkeit ist das Muskelfleisch überall ziemlich gleich dick, die Insertionssehne ist sehr stark, aber kurz (Abb. 167).

Äußere und innere Achsellücke

Der Teres major und Teres minor liegen an ihren Ursprüngen am Schulterblatt eng beisammen, entfernen sich aber nach der Insertion zu voneinander, da der erstere innen, der letztere außen vom Humerus vorbeigeht (Abb. 129, Pfeile). In die Spalte, welche so breit ist wie der Durchmesser des Oberarmknochens, schiebt sich der lange Kopf eines Oberarmmuskels, des M. triceps, ein, welcher vom Tuberculum infraglenoidale der Skapula entspringt (Abb. 167). Zwei Lücken bleiben offen, welche von der Hinterseite der Schulter in die Achselhöhle führen und deshalb laterale und mediale Achsellücke heißen. Die äußere liegt dem Humerus zunächst (auch humerale Achsellücke genannt). Sie ist viereckig und wird außen vom Humerus, oben vom Teres minor, innen vom Trizeps und unten vom Teres major begrenzt. Die innere Achsellücke liegt der Skapula zunächst (auch skapulare Achsellücke genannt). Sie ist dreieckig und wird außen vom Trizeps, innen oben vom Teres minor, innen unten vom Teres major umrandet. Die Haut sinkt, wenn sie fettarm ist über der medialen Achsellücke ein (Abb. 137).

Die Grube liegt in der Mitte des Hinterrandes des Deltoides, der von diesem Punkte aus oft eckig abzubrechen scheint, wenn er nach dem Trigonum spinae zu nicht muskulös, sondern sehnig ist. Der lange Trizepskopf stützt sich an der Kreuzungsstelle mit dem Teres major auf diesen und umgekehrt. Jeder Muskel benutzt den anderen als Hypomochlion, wenn sie innerviert werden. Der Teres als der kürzere leistet mehr Widerstand, während der Trizeps durch ihn ein wenig aus der geraden Richtung gebracht wird. Er schlüpft im Bogen um den Teres herum zwischen innerer und äußerer Achsellücke hindurch (Abb. 87, rechts).

Der Inhalt der äußeren Achsellücke besteht aus: Nervus axillaris, Art. circumflexa humeri post. mit Begleitvenen und Lymphgefäßen. Der Inhalt der inneren Achsellücke ist rein vaskulär: Art. circumflexa scapulae mit Begleitvenen und Lymphgefäßen.



Der Teres major hat seine eigene, gegen die Infraspinatusloge gesonderte Faszie. Sie ist sehr dünn, da die Dehnbarkeit des Muskels sonst leiden und die Hebung des Armes eingeschränkt sein würde. Mit der Faszie des Latissimus hängt sie zusammen.

Innervation und Blutzufuhr wie beim vorigen. Der Nervenast des N. subscapularis zum Teres major ist der unterste Ast (R. thoracodorsalis). Er versorgt auch den Latissimus. Bei abduziertem Arm liegt er so oberflächlich, daß er bei Operationen leicht verletzt werden kann (Mammaexstirpation). Bursae synoviales: zwischen der Endsehne und dem Knochen und meistens auch zwischen ihr und der Endsehne des Latissimus liegt je ein Schleimbeutel (also zu beiden Seiten der Teressehne neben dem Humerus). Die Lage und Ausdehnung des zweiten hängt von dem Grade der Verwachsung der Endsehnen ab.

M. latissimus dorsi (Tab. Nr. 7), Abb. 85—87, 101, **103**, 106, 128, 129, **131**, 133—135

Musculus latissimus dorsi. Die gemeinsame Abstammung mit dem Teres major geht aus den Befunden bei Embryonen und aus der Innervation hervor; die Insertion am Humerus ist noch die ursprüngliche: oft sind dort die Sehnen beider Muskeln im Zusammenhang. Ein kleiner Teil des Latissimus, Pars scapularis, entspringt fast regelmäßig von der untersten Spitze des Angulus inferior scapulae, also neben dem Teres major (Abb. 129). Aber die Hauptmasse des Muskels ist durch Vermittlung der Fascia lumbodorsalis an den Dornfortsätzen der unteren Hälfte der Brustwirbel, aller Lendenwirbel und am Darmbeinkamm befestigt (Abb. 131). Man nennt die zu den Wirbelursprüngen gehörige Partie Pars vertebralis, die andere Pars iliaca. Zacken von den untersten 3 oder 4 Rippen, welche mit den unteren Ursprungszacken des M. obliquus abdominis externus alternieren, werden als Pars costalis zusammengefaßt (Abb. 103, 116).

Das oberflächliche Blatt der Fascia lumbodorsalis ist zum Teil zur Ursprungssehne für den Muskel geworden. Breitet man den Muskel mit der Sehne zusammen aus, so hat er eine schräg viereckige Form. Doch ist er am Körper eng der Wölbung des Brustkorbes angeschlossen, so daß die Rippen, obgleich sie unter ihm liegen, oft im Hautrelief sichtbar sind (Abb. 60); bei mageren Menschen kann bereits die 6. Rippe (und alle folgenden) durchschimmern (Abb. 101).

Hautrelief: Rhombus sacralis (Venusraute) und Rh. lumbalis, „Durchsichtigkeit" des Latissimus

Der Muskel hat die größte Flächenausbreitung von allen Muskeln des Körpers; der äußere schräge Bauchmuskel und der Trapezmuskel (Tab. Nr. 16) sind die nächst größten. Er liegt wie diese beiden fast ganz oberflächlich unter der Haut und ist deshalb auch beim Lebenden in jeder Stellung gut zu überblicken. Der obere Rand der Pars vertebralis reicht beim Menschen besonders hoch hinauf. Er steht bei normaler aufrechter Stellung horizontal und läuft über den Angulus inferior des Schulterblattes und die ihn bedeckenden Muskeln hinüber (Abb. 131, 133). So hilft er mit, das Schulterblatt gegen den Brustkorb zu drängen.

Versagt der Latissimus und andere dem gleichen Zweck dienende Muskeln, so steht die Skapula flügelförmig ab (Scapula alata). Der innerste Teil des oberen Randes ist durch den Trapezius bedeckt (Abb. 131).

Nach dem Becken zu ist das Muskelfleisch des Latissimus gegen die Aponeurose mit einer sehr charakteristischen, bogenförmigen Kurve abgesetzt (Abb. 131). Sie ist sehr selten durch die Haut hindurch zu sehen. Etwas tiefer als diese Linie hört das Fleisch des tiefen Rückenstreckers (Erector trunci) mit einer scharfen Grenze auf, welche gut durchschimmert. Diese Linie begrenzt die Venusraute (Rhombus sacralis). Ist dagegen der Rand des Latissimusfleisches sichtbar, so besteht eine andere Rautenfigur im Relief der Körperoberfläche, die größer ist als die eigentliche Venusraute (Rhombus lumbalis, vgl. Erklärung zu Abb. 131).

Auch die Pars costalis ist in manchen Stellungen beim Lebenden sehr deutlich (Abb. 85). Gewöhnlich verbergen sich ihre Zacken unter der Pars iliaca; bei der Leiche müssen sie hier gesucht und isoliert werden. Die Model-

lierung des Überganges vom Brustkorb auf die Schulter wird durch den unter dem Muskel liegenden Serratus anterior (Tabelle Nr. 13) bewirkt, dessen unterer Rand oft sogar durch den Latissimus und die Haut hindurch sichtbar ist. Weiter nach oben folgt der Rand dem Teres major, wie bei diesem beschrieben wurde (Abb. 60).

Es ist sehr wichtig, sich das Oberflächenbild des lebenden Körpers durch den Vergleich mit naturgetreuen Situsbildern der Muskeln in der Weise einzuprägen, daß man, wie im Fall des Latissimus, nicht nur den Muskel selbst ins Auge faßt, sondern auch alle darunter liegenden Muskeln; denn irgendwann äußern sie sich in der Nivellierung des Latissimus und der Haut; dadurch entstehen wichtige Hinweise auf die jeweilige Lage bei den Bewegungen. Der Latissimus ist beim Lebenden besonders „durchsichtig" in diesem übertragenen Sinn. Er ist auch seiner absoluten Stärke nach besonders stark abgeplattet und stellenweise nur einige Milli-

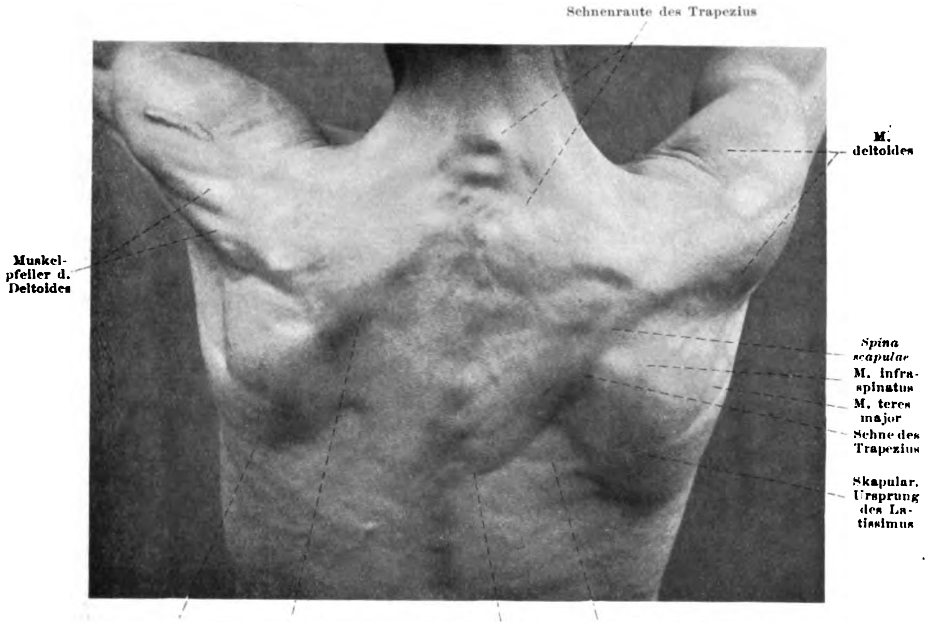


Abb. 133. Schultern von hinten. Muskelkräftiger, sehr magerer Mann (Photo). Die Hände sind auf den Hinterkopf gelegt.

meter dick, aber wechselnd von Punkt zu Punkt und gegen den Ansatz am Humerus sehr verdickt, weil hier die Fasern zusammentreten.

Die am weitesten kranial an der Wirbelsäule entspringenden Fasern inserieren am weitesten distal am Humerus und umgekehrt. Die spiralige Drehung, welche die Folge ist, liegt an der Insertion. Die Sehne ist ziemlich lang und breit. Sie ist gegen den Muskel umgeklappt (Abb. 103). Bei erhobenem Arm gleicht sich die Falte der Sehne und die spiralige Drehung der Fasern aus wie beim Teres major (S. 246).

Länge des Latissimus, Überspringen zahlreicher Gelenke

Die langen Fasern der Pars iliaca und die beiderseits angrenzenden der Pars vertebralis und costalis haben eine sehr starke Exkursionsmöglichkeit und können deshalb den Arm nach hinten und innen ziehen, soweit dies die Gelenke gestatten. Der Handrücken kommt auf das Gesäß zu liegen (Vesal gab dem Muskel den bezeichnenden Namen „Aniskalptor"). Die Crista tuberculi minoris humeri wird gleichzeitig nach innen gedreht. Das Moment des Muskels für die Rotation ist um so ungünstiger, je weiter unten und vorn die Fasern entspringen (siehe ihre Richtung zum Knochen, Pfeil, Abb. 129). Der Latissimus überspringt die Skapula (nur die variable Pars scapularis tut dies nicht),



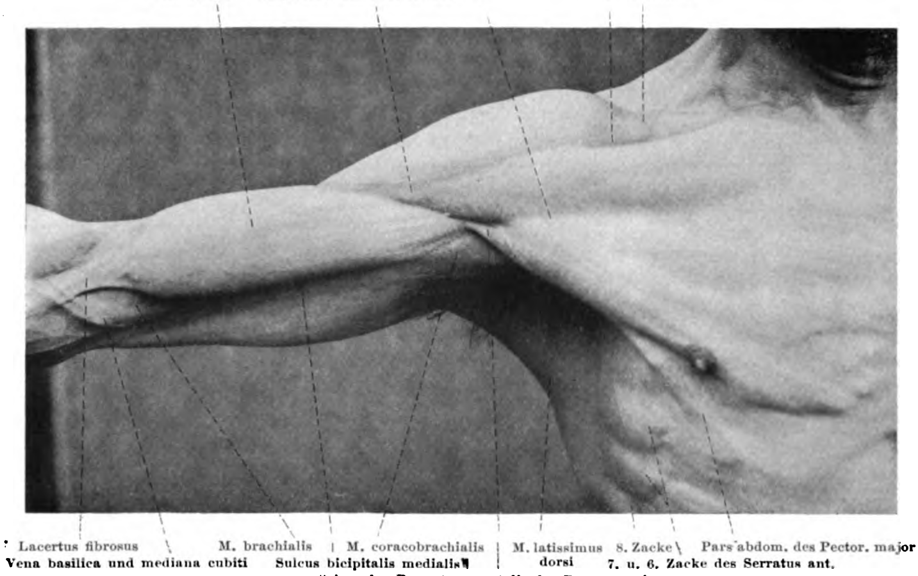


Abb. 134. Schulter von vorn, Oberarm nach außen bis zur Horizontalen gehoben (Abduktion). Muskelkräftiger, sehr magerer Mann (Photo).

Zwei Ursprungsköpfe des M. sternocleidomast.

Fossa jugularis (Jugulum)

M. pectoralis major

Achselbogen

Caput longum des Trizeps

M. teres major

M. subscapularis

Pars vertebralis des Latissimus

8. Zacke des M. serratus anterior

Pars costalis des Latissimus

Zacken des M. obliquus abd. externus

Abb. 135. **Schulter schräg von vorn, Oberarm über die Horizontale erhoben (Elevation). Muskelkräftiger, sehr magerer Mann (Photo).**

ja die am Becken fußenden Fasern überspringen außerdem die ganze lumbale und thorakale Wirbelsäule. Bei energischer Streckung des Rumpfes mit durchgebogenem Kreuz sind daher beide Latissimi beteiligt, da sie durch den Arm auf die Schulter wirken und diese kräftig nach hinten und unten ziehen.

Hintere Achselfalte, Faszie

Die Achselhöhle wird von zwei Falten begrenzt, die bei Abduktion des Armes um 45° am stärksten vorspringen. Die Höhle ist in dieser Stellung am tiefsten; sie ist auch in der Horizontalstellung des Armes deutlich (Abb. 134), wird aber bei Elevation immer seichter, weil die Falten zurückweichen und sich dem Brustkorb anschmiegen (Abb. 134, 106). Die hintere Falte ist vom Latissimus und Teres major ausgefüllt; ersterer liegt in ihr am oberflächlichsten (Abb. 103). Man kann den Muskel an dieser Stelle durch die Haut hindurch fassen.

Die Faszie des Latissimus ist filzig und nach innen ohne scharfe Grenze mit dem Perimysium externum des Muskels und nach außen mit der Subkutis verwebt. Sie geht in die Faszie des Trapezius, Teres major und Pectoralis major über.

Am oberen Rand des Muskels sind besondere Verstärkungen der Faszie häufig, welche als straffe Züge an den unteren Brustwirbeldornen (5.—8.) befestigt sind. Sie liegen zum größten Teil unter dem Trapezius und hängen mit ihm und einem sehnigen Zwickel in dem rechten Winkel zwischen Wirbelsäule und oberem Latissimusrand zusammen. Die Einrichtung wirkt als Schutz gegen passive Spannungen des Muskels, welche bei extremen Adduktionen des Armes nach vorn Einrisse an dieser Stelle erzeugen würden.

Beziehung zum Langerschen Bogen

Die Insertionssehne ist durch Fasern am Knochen verankert, welche in das Periost ausstrahlen und oft den Sulcus intertubercularis des Humerus unter der Sehne des M. biceps (Oberarm) auskleiden. Außerdem verbinden nicht selten Muskelzüge, welche oberflächlich zum Bizeps quer über die Achselhöhle hinüberziehen, den Rand des Latissimus mit dem Rand des Pectoralis major. Sie haben meistens engere Beziehungen zum Pektoralis und zu Faszienzügen (Langerscher Bogen, S. 258). Gelegentlich zweigen aber auch Latissimusfasern vom Vorderrand des Muskels ab und überbrücken die Achselhöhle. In sehr seltenen Fällen ist ein solcher muskulöser Achselbogen durch die Haut sichtbar (Abb. 135).

Die Beziehungen des Latissimus zum Trigonum lumbale Petiti sind beim Obl. abd. ext. geschildert (S. 174). Er bedeckt den Serratus post. inf. und die Lücken des Ligamentum lumbocostale (obere Lumbalhernien S. 167).

Innervation: R. thoracodorsalis des N. subscapularis, siehe bei Teres major. Segmentale Nerven: (C 6), C 7, C 8. Blutzufuhr: R. thoracodorsalis aus A. subscapularis (Axillaris), außerdem Ästchen von Interkostalarterien und von beiden Aa. circumflexae humeri. Bursae synoviales: Über dem Schleimbeutel an der Insertion siehe Teres major. Es gibt manchmal einen davon getrennten Schleimbeutel an der Stelle, wo der Subskapularis über den Rand der Gelenkpfanne hinwegzieht, zwischen Muskel und Kapsel. Mit dem Gelenk haben beide nichts zu tun.

c) Ventrale Gruppe der eigentlichen Armmuskeln (Mm. brachiales ventrales). Tabelle S. 231, Nr. 8—10.

Den bisher geschilderten sieben autochthonen dorsalen Muskeln der Schulter stehen nur drei ventrale Muskeln der gleichen Art gegenüber, weil von den ventralen Skeletteilen des Schultergürtels vieles weggefallen ist. Dafür sind aber von den drei Repräsentanten dieser Gruppe diejenigen, welche durch Überwanderung auf den Brustkorb Ersatz für die verlorenen Ursprungsstellen gewonnen haben, um so voluminöser.

M. coracobrachialis (Tab. Nr. 8), Abb. 13, 96, 127, 128, 134, 135

Musculus coracobrachialis. Er ist der einzige Muskel der Gruppe, welcher im Prinzip die ursprüngliche Lage zum Gürtel und zum Humerus bewahrt hat. Wie bei den dorsalen Muskeln alle (selbst die Pars scapularis des Latissimus) vom dorsalen Teil des Schultergürtels (Skapula) entspringen und am Humerus inserieren, so ist der Korakobrachialis einerseits am Rudiment des ventralen Teiles des Schultergürtels (Rabenschnabelfortsatz), andererseits am Humerus befestigt.

Sein Ursprung an der Spitze des Processus coracoides ist mit dem kurzen Kopf des Bizeps verschmolzen und mit der Insertionssehne des Pectoralis minor (Tab. Nr. 9) so verankert, daß beide Sehnen eine Strecke weit parallel laufen und vereinigt sind (Abb. 96). Der Bizepskopf bedeckt den Korakobrachialis, doch ragt dessen Innenrand vor, da der Muskel breiter ist als der Bizeps. Bei herabhängendem Arm ist er ganz in der Achselhöhle verborgen. Bei abduziertem oder eleviertem Arm wird er durch die Haut als spindelförmiger Wulst sichtbar, weil er dann neben dem Bizeps mehr an die Oberfläche tritt (Abb. 134. in Abb. 135 vom Achselbogen überquert).

Beim Kruzifixus haben die Künstler des Mittelalters ihn besonders getreu nachgebildet. Er ist ein sehr wichtiger Leitmuskel für das Gefäßnervenbündel der Achsel, welches seinem Innenrand entlang läuft und als Strang sicht- oder fühlbar ist.

Die Insertion am Humerus liegt in dessen Mitte in der Höhe des Ursprunges des Brachialis (siehe Oberarm), medial davon (Abb. 96). Zwischen Knochen und Muskel bleibt ein schmaler Spalt offen, durch welchen die Sehne des Latissimus durchschlüpft (offene Spalte in der Abbildung). Meistens spannt sich eine fibröse Arkade, welche die Latissimusinsertion überbrückt vom Tuberculum minus bis an die Insertionsstelle des Korakobrachialis aus.

Statt dieser Sehnenbrücke kommen Muskelfasern vor, so daß der Korakobrachialis durch diesen zweiten Kopf am Humerus angeheftet ist. Wechselnde Mengen von Sehnenfasern setzen sich bis zum Epicondylus medialis des Humerus fort und bilden ein bindegewebiges Septum intermusculare mediale, welches erst an der Mitte des Oberarms beginnt (siehe diesen).

Die Faszie des Muskels gehört mit zu der Gruppenfaszie des Oberarmes.

Gerade Linie: Lig. coracoclaviculare — M. coracobrach. — Radius

Der Muskel setzt die Richtung des Bandapparates, an welchem der Arm hängt (Lig. coracoclaviculare, Abb. 148), gegen den Humerus zu fort; in seiner geraden Fortsetzung liegt bei supiniertem Vorderarm der Radius, der Träger der Hand. Durch seine Lage und Richtung hält der Korakobrachialis den hängenden Knochen im Gleichgewicht, wenn er durch andere Muskeln bewegt wird. Er sucht den Innenrand des Humerus bei Rotationen wieder in die mediale Grundstellung zurückzuführen und dreht infolgedessen entweder nach außen oder nach innen, je nach der Ausgangsstellung des Armes. In ähnlicher Weise stellt er bei Bewegungen des Armes nach der Seite, nach vorn oder nach hinten wieder die Grundstellung her.

Innervation: N. musculocutaneus. Dieser Nerv durchbohrt den Muskel (Abb. 96); (deshalb auch die Bezeichnungen: Musc. perforatus und Nervus perforans): doch ist das nicht immer der Fall. Segmentale Nerven: C 6, C 7. Blutzufuhr: Aa. circumflexae humeri aus A. axillaris. Bursa synovialis: Ein zum Muskel gehöriger Schleimbeutel schiebt sich am Ursprung zwischen die Hinterfläche des Korakobrachialis und den Subskapularis ein; er liegt unter dem Proc. coracoides, deshalb Bursa subcoracoidea (Abb. 147). Er erleichtert die Verschiebungen der beiden genannten Muskeln an ihrer Kreuzungsstelle gegeneinander. Er setzt sich oft in die Bursa subscapularis unter dem gleichnamigen Muskel fort (S. 246).

M. pectoralis minor (Tab. Nr. 9), Abb. 96, 103, 115, 128

Musculus pectoralis minor. Der Muskel gehört scheinbar nicht zu dieser Gruppe, da er nicht am Humerus, sondern an einem Teil des Gürtels inseriert. Aber genetisch hat er mit den anderen am Schultergürtel inserierenden Muskeln (thorakale Gruppe, Tabelle Nr. II) nichts zu tun. Der Muskel entsteht beim menschlichen Embryo aus einer gemeinsamen Anlage mit dem Pectoralis major (Tab. Nr. 10). Unter den häufigen Varietäten findet man auch beim Erwachsenen gelegentlich den P. minor neben dem P. major am Humerus befestigt (Tuberculum majus und Crista tuberculi majoris).

Bei niedersten Säugern (Monotremen) ist der ihm vergleichbare Muskel wie der Korakobrachialis zwischen Schultergürtel und Humerus ausgespannt. Bei den übrigen Säugetieren sind große Schwankungen in den Befestigungen und im Verhalten zum Pectoralis major beobachtet. Erst bei den Primaten ist der Zu-

stand wie beim Menschen durchgeführt, daß der Ursprung auf die Rippen und die Insertion auf den Gürtel verschoben ist. Der totale Stellungswechsel des Muskels, welcher bei keinem Muskel des Körpers so tiefgreifend und deutlich zu verfolgen ist, macht die individuellen Varietäten der mannigfachsten Art verständlich.

Neue Richtung des Pectoralis minor (verglichen mit P. major)

In der Norm ist der Muskel ganz in die Reihe derjenigen Muskeln eingetreten, welche den Schultergürtel bewegen. Um den Vorteil klar zu legen, welcher sich dadurch gegenüber dem Pectoralis major ergibt, von welchem der Muskel abstammt, ist es wichtig, die Richtung beider Muskeln zu fixieren. Der Pect. minor entspringt mit platten dünnen Sehnen ziemliche weit außen von der 3. bis 5. Rippe und zieht infolgedessen steil ansteigend zum Rabenschnabelfortsatz in die Höhe (Abb. 96). Dort ist er mit dem Korakobrachialis auf eine kurze Strecke seitlich verankert; beide Muskeln berühren sich bei herabhängendem Arm, soweit sich nicht (nach unten zu) die Haut der Achselhöhle dazwischen schiebt. Zwischen Pectoralis minor und Subklavius (Tab. Nr. 14) ist dagegen eine dreieckige Lücke gelegen, Spatium clavipectorale. Sie ist mit einer Faszienplatte gefüllt, deren Durchtrennung dem Chirurgen von vorn einen wichtigen Zugang zur Achselhöhle eröffnet (Fossa infraclavicularis, siehe unten). Nach der Haut zu ist der P. minor ganz vom Pectoralis major bedeckt. Ist der laterale Rand des letzteren schwach ausgebildet (Fehlen der Portio abdominalis) oder ist der P. minor breiter als gewöhnlich, so wird seine Randpartie bei erhobenem Arm außen vom P. major sichtbar. In dieser Stellung stimmt die Richtung der beiderseitigen Muskelfasern überein und die Wirkung beider auf den Arm ergänzt sich. Denn der Pectoralis major senkt durch seine Insertion am Humerus den Arm unmittelbar nach vorn, der Pectoralis minor senkt durch die Insertion am Korakoid das Schulterblatt und damit mittelbar auch den Arm. Die Senkung der Skapula ist äußerlich an der Bewegung des Akromion nach vorn und unten zu verfolgen. Sie ist trotz geringen eigenen Ausschlages selbstverständlich am erhobenen Arm besonders merkbar, der wie ein Hebel die Bewegung vergrößert. Der Wert der Insertionsänderung des Pectoralis minor gegen den Pectoralis major, von dem er abstammt, ist u. a. hierin begründet. Es ist besonders zu beachten, daß der Pectoralis minor seine Wirkung auf die Skapula in jeder Stellung des Armes beibehält während der Pectoralis major, wie wir sehen werden, je nach der Stellung des Armes ganz verschieden arbeitet.

Die einzelnen Rippenzacken des Pectoralis minor decken sich kulissenartig von unten nach oben. Die oberste ist in Wirklichkeit die breiteste, ist aber von der folgenden so stark überlagert, daß sie an der Oberfläche oft am schmalsten aussieht.

Faszie des Pectoralis minor, Abschluß gegen die Achselhöhle

Die Faszie des Pectoralis minor hüllt den Muskel ein, setzt sich aber von seinem oberen Rand aus bis zum M. subclavius (Tabelle Nr. 14) und zum Schlüsselbein fort; sie verschließt auf diese Weise das Spatium clavipectorale Am unteren Rand des Muskels ist die Faszie bis zur Haut der Achselhöhle und zu der mit ihr zusammenhängenden Fascia axillae zu verfolgen (Abb. 136). Man bezeichnet die Gesamtausbreitung der Faszie als Lamina profunda der Fascia pectoralis. (Die Lamina superficialis dieser Faszie wird beim Pectoralis major beschrieben.) Sie ist dadurch, daß der Pectoralis minor in sie eingelassen ist, beweglich und kann in ihrem oberen und unteren Teil gespannt werden. Da Venen mit der Faszie verbunden sind, so ist sie für die Blutbewegung nicht unwichtig (nach Art des Omohyoideus, S. 208). Den oberen Teil nennt man wegen seiner Befestigungen, Fascia coracoclavipectoralis und den unteren, zur Achselhöhle ziehenden Teil Ligamentum suspensorium axillae; der wichtigste Faktor für die Einbuchtung der Haut in die Achselhöhle hinein ist aber gewiß nicht der Faszienzug, sondern der äußere Luftdruck.

Abgesehen von den Stellen, wo Gefäße und Nerven durchtreten, ist die Faszie im ganzen eine geschlossene Scheidewand, welche medial an den Rippen

und den Faszien der Zwischenrippenmuskeln befestigt ist und lateral am Processus coracoides und der Faszie des Korakobrachialis plus kurzen Bizepskopfes ansetzt. Wie gut der Abschluß einerseits gegen den Pectoralis major und andererseits gegen die Achselhöhle ist, geht wie in einem Experiment aus pathologischen Ergüssen hervor: Eiteransammlungen machen gewöhnlich an der Faszie halt und werden deshalb in solche außen und innen von der Faszie unterschieden (Abszesse unter dem Pectoralis major und Abszesse in der Achselhöhle).

Innervation: Nervi thoracales anteriores. Segmentale Nerven: C 7, C 8. Blutzufuhr: A. thoracoacromialis aus A. axillaris, auch Zweige aus Interkostalarterien. — Über die Beziehungen zum Achselbogen siehe S. 257.

M. pectoralis major (Tabelle Nr. 10), Abb. 99, 100, 115, 128, 132, 134, 136

Musculus pectoralis major. Beim menschlichen Embryo überschreitet anfänglich die Anlage des Muskels kaum die erste Rippe. Sie breitet sich allmählich bis zur 6. Rippe aus, welche im definitiven Zustand die letzte zu sein pflegt; manchmal erreicht der Muskel nur die 5. oder sogar die 7. Rippe. Von den Portionen des Muskels entsteht also die Pars clavicularis zuerst (Abb. 99);

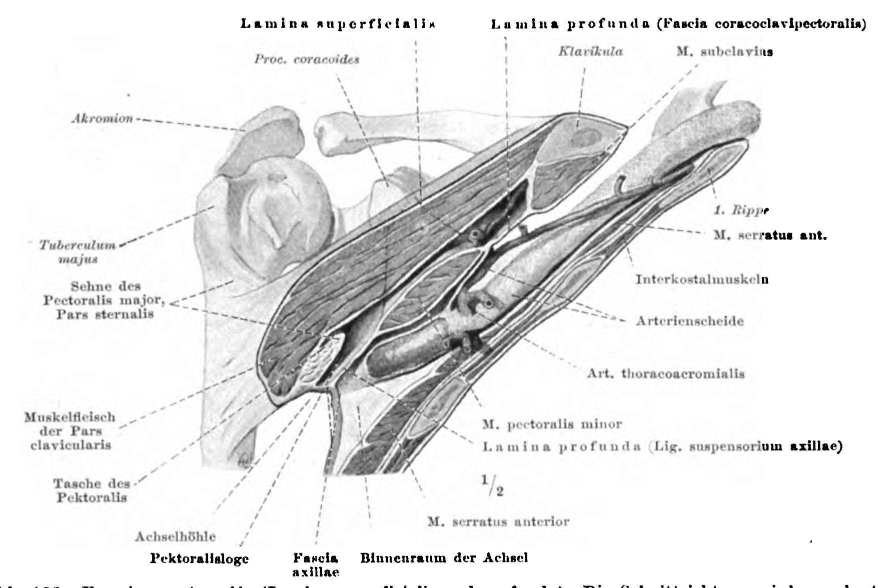


Abb. 136. Fascia pectoralis (Lamina superficialis und profunda). Die Schnittrichtung wird am ehesten verstanden an der Hand der Abb. 96: Gefrierschnitt durch das Schlüsselbein und die Brustkorbwand senkrecht zu den Rippen (d. d. schräg zur Medianebene des Körpers), Fortsetzung des Pectoralis minor zum Proc. coracoides gestrichelt. Die Arteria axillaris ist der Länge nach getroffen, an einer kleinen Stelle freigelegt, sonst mit ihrer Bindegewebsscheide bedeckt. Die Abstände der Lamina profunda vom Pectoralis major und von den Gefäßen vergrößert (halbschematisch).

sie reicht vom Gürtelskelett zum Humerus und ist ein typischer autochthoner Armmuskel. Wie der Latissimus breitet sich auch der Pectoralis major in der Entwicklung des Menschen sekundär auf den Rumpf aus und bringt hier die Pars sternocostalis hervor. Die Pars abdominalis ist nicht immer vorhanden. Über ihre Beziehungen zu anderen variablen Muskeln der Brustgegend siehe „Achselbogen“ (S. 258).

Pars clavicularis und Fossa infraclavicularis

Die Pars clavicularis entspringt je nach ihrer Größe von der inneren Hälfte oder den inneren zwei Dritteln des Schlüsselbeines (Abb. 128). Zwischen ihrem lateralen Rand und dem angrenzenden Deltoides bleibt eine individuell wechselnde dreieckige Spalte übrig, deren Basis am Schlüsselbein liegt. Sie heißt Trigonum deltoideopectorale. Die Haut sinkt an dieser Stelle ein wenig ein, weil sie durch den atmosphärischen Druck gegen die in der Tiefe liegende Brustkorbwand gedrängt wird: Fossa infraclavicularis (Mohrenheimsche Grube, Abb. 99, 139).

Die Grube verstreicht infolgedessen sofort, wenn pathologische Einschiebsel zwischen Brustkorb und Brustmuskel auftreten (Tumoren der Achselhöhle, Luxation des Humeruskopfes usw.); sie ist ein Indikator für das Verhalten der Tiefe. In die Grube senkt sich eine Hautvene hinein (Vena cephalica brachii), welche oft sogar durch die Haut durchschimmert. Sie kann für die Grenzbestimmung sehr wichtig sein, denn es kommt vor, daß sich die beiden Nachbarmuskeln so weit nähern, bis sie völlig verschmelzen.

Die Fasern der Pars clavicularis verlaufen parallel und inserieren an dem distalen Teil der Crista tuberculi majoris des Humerus bis gegen die Insertion des Deltoides hin. Sie schieben sich unter den Rand des Deltoides, welcher ein dreieckiges Stück des Muskelstreifens überdeckt; die Pars clavicularis sieht infolgedessen im Hautrelief zugespitzt aus (Abb. 134). In Wirklichkeit stehen ihre Ränder annähernd parallel.

Gegen die Pars sternocostalis läuft regelmäßig eine Grenzspalte durch den ganzen Muskel hindurch, Sulcus interpectoralis, welche oft auch auf der äußeren Oberfläche und manchmal durch die Haut sichtbar ist (Abb. 134).

Die untersten Ausläufer des M. subcutaneus colli (Platysma, siehe Kopf) legen sich über die Pars clavicularis, manchmal über die MOHRENHEIMsche Grube und den angrenzenden Teil des Deltoides (Abb. 375). Die Fasern sind sehr dünn, können aber deutlich vorspringen, wenn der Mund plötzlich aufgerissen wird (Schrecken).

Pars sternocostalis, Sternalrinne

Die Pars sternocostalis entspringt von einer sehnigen Membran auf der Vorderfläche des Brustbeins (Membrana sterni anterior). In ihr überkreuzen sich die Ursprungssehnen des rechten und linken großen Brustmuskels; sie vereinigen sich hier mit den Verstärkungsbändern der Rippengelenke am Brustbein. Die Haut ist an der Membran mit derben Faserzügen befestigt und formt eine senkrecht stehende Rinne, Sternalrinne (Abb. 100), weil sie zu beiden Seiten um die Dicke der beiden Pektorales gehoben ist. Je kräftiger die Brustmuskulatur eines Menschen entwickelt ist, um so ausgeprägter ist die Sternalrinne. Die Ursprünge an den Rippen lassen meist die erste Rippe frei, weil diese vom Schlüsselbein bedeckt ist. Bei den folgenden sitzen die Muskelfasern in wechselnder Fülle an den Rippenknorpeln (Abb. 115) und liegen unter den vom Brustbein entspringenden Fasern versteckt. Nur die untersten Ursprünge von der 6., manchmal 5. oder 7. Rippe, werden oberflächlich sichtbar, (Abb. 99). Die gesamten zur Pars sternocostalis gehörenden Faserbündel konvergieren nach der Insertion zu und schichten sich dort fächerartig übereinander. Sie sind an einer Sehne angeheftet, welche am unteren Rand der Pars clavicularis sichtbar ist. Die ganze Muskelmasse des Pectoralis major füllt die vordere Achselfalte aus und ist in ihr faßbar.

Bei mageren Menschen erscheint der Sehnenspiegel der Pars sternocostalis als eine Delle in der vorderen Achselfalte (Abb. 134). Die Faserbündel erzeugen, wenn sie innerviert werden, bei mageren Leuten Kontraktionsfurchen in der Haut.

Pars abdominalis

Die Pars abdominalis schließt sich dem lateralen Rand der Pars sternocostalis an und umgreift ihn nach der Insertion zu (Abb. 99). Der muskulöse Ursprung auf der vorderen Rektusscheide reicht bis zur Höhe der Knochenknorpelgrenze der 5. Rippe, selten tiefer hinab; doch sind sehnige Fasern, die zu ihr gehören, bis zur Linea alba zu verfolgen. Sie kann ganz fehlen. In seltenen Fällen ist sie durch die Haut sichtbar (Abb. 134).

Je nach der Entfaltung der Pars abdominalis und der unteren Rippenursprünge der Pars sternocostalis deckt der Pectoralis major den Pectoralis minor mehr oder weniger vollständig bei erhobenem Arm. Bei herabhängendem Arm ist letzterer ganz versteckt, wenn nicht abnorme, nicht seltene Defekte des großen Brustmuskels vorliegen; auch bei erhobenem Arm kann höchstens der laterale Rand des Pectoralis minor sichtbar werden. — Bei Hemmungsmißbildungen fehlt oft die ganze Pars sternocostalis.

Tasche des Pectoralis major

Die Fasern aller unterhalb der Pars clavicularis gelegenen Muskelteile schieben sich mit ihrer Sehne auf die Unterfläche der Pars clavicularis und inserieren gegenüber der Insertion des Latissimus und Teres major. Wir begegnen einer ähnlichen Erscheinung wie bei jenen dorsalen Muskeln. Denn



auch beim Brustmuskel inseriert der am Rumpf kaudal entspringende Komplex von Fasern (Pars sternocostalis et abdominalis) weiter proximal am Humerus als der am Rumpf kranial befestigte (Pars clavicularis, Kreuzung der beiden Pektoralispfeile in Abb. 128). Durch die Überkreuzung der Insertionsfasern entsteht eine Tasche, die in der Richtung auf das Schultergelenk zu offen ist, aber distalwärts blind endigt (Abb. 136). Sie pflegt mit etwas Fett gefüllt zu sein. Die Einrichtung hat wie beim Latissimus und Teres major die Aufgabe, bei der Erhebung des Armes eine zu starke passive Dehnung des Pectoralis major hintanzuhalten. Die fächerförmig übereinandergelegten Muskelbündel wickeln sich bei der Anteversion und Abduktion des Oberarmes voneinander ab. Ist der Arm über die Horizontale eleviert, so stehen die bei herabhängendem Arm zu oberst inserierenden Muskelfasern der Pars abdominalis und Pars sternocostalis mit ihren Befestigungspunkten am Humerus tiefer als die übrigen. Das Fett in der Sehnentasche des Muskels kann dabei ausweichen und wieder in den Hohlraum zurücktreten, je nachdem der Arm gehoben wird oder sinkt. Der Muskel ist infolge der Übereinanderschichtung der Fasern gegen die Insertion hin weitaus am dicksten.

Vierecks- u. Dreiecksform des Pect. major (scheinbare Mamma)

Die Gesamtform des Pectoralis major ist ganz abhängig von der Stellung des Armes. Hängt er herab, so ist der Muskel fast viereckig (Abb. 100). Je nach dem Tonus, der individuell verschieden ist, prägt sich die Wölbung und die untere Kante des Muskels stärker oder weniger stark aus. Es gibt Männer, bei welchen die Brust beiderseits durch etwas schlaffe, aber voluminöse Brustmuskeln oder durch dem Muskel aufgelagertes Fett ähnlich einem flachen Frauenbusen vorgewölbt ist. Mit der Wölbung durch die Brustdrüse der Frau hat das nichts zu tun, obgleich beim Mann auch eine rudimentäre Mamma vorkommen kann.

Selbst bei mageren Leuten ist doch die Muskelplatte kräftig genug, um die Rippen zu verdecken. Sie bestimmt die schräg abgedachte Form der oberen Brustgegend (Abb. 132). Nach unten schneidet sie mit einer queren Linie ab, welche annähernd parallel den Inskriptiones des Rectus abdominis steht und deshalb leicht mit ihnen verwechselt wird; sie ist kenntlich daran, daß sie weiter oben als jene liegt (Abb. 106).

Der große Brustmuskel geht aus der viereckigen in die dreieckige Form über, sobald der Arm gehoben wird (Abb. 134), die Basis des Dreiecks liegt am Brustbein, die Spitze am Oberarm. Die Umänderung kommt zustande durch die Aufrichtung der lateralen, an den Deltoides grenzenden Kante (Abb. 99), welche in die gleiche Fluchtlinie mit der Ursprungslinie an der Klavikula zu stehen kommt.

Die männliche Brustdrüse hat selten eine solche Größe, daß sie eine äußerlich sichtbare Vorwölbung bedingt. Sie bleibt stets auf die unmittelbare Umgebung der Brustwarze beschränkt (siehe Bd. III, Integument). Die Darstellung der Brust bei Hermaphroditen in der antiken Plastik knüpft an Scheinzwitter an, welche Geschlechtsorgane von vermeintlich männlichem Typus besitzen (siehe Bd. II, Entwicklung der äußeren Genitalien). Mit den hier berührten Vorwölbungen der Männerbrust besteht keine Beziehung. Die äußere Ähnlichkeit mit dem Busen der Frau rührt daher, daß die Haut in der Sternalrinne straff befestigt ist und nicht abgehoben werden kann. Alle Schwellungen zu beiden Seiten, auch solche pathologischer Art, vertiefen die Rinne, welche hier vorgebildet ist.

Verschiedene Aufgaben des Pect. major (Atmung)

Für die Wirkung des Pectoralis major kommt in Betracht, daß bei herabhängendem Arm ein Teil der Fasern deszendent, ein Teil quer und ein Teil aszendent verläuft (Abb. 99). Die deszendenten Fasern umfassen die ganze Pars clavicularis und einen Teil der Pars sternocostalis. Sie sind also nicht nur am Schultergürtel, sondern auch am Brustkorb befestigt und können deshalb den Arm gegen die Schulter, aber auch den Schultergürtel gegen den Brustkorb bewegen. Dies tritt besonders beim Heben der belasteten Schulter hervor.

Der rein körperliche Druck beim Tragen einer Last auf der Schulter ist wahrscheinlich die Ursache, daß eine geringe Hebung beider Schultern zu einer Ausdrucksbewegung geworden ist; sie gehört mit zu der unterwürfigen (devoten) Haltung (vgl. Mimik und Physiognomik, Kapitel: Kopf).

Bei abduziertem Arm gelangen die deszendenten Fasern in die gleiche Horizontallage wie die queren und bringen mit diesen den Arm in Anteversion (z. B. beim Schwimmen). Die Muskel hebelt sich dabei mit großer Kraft vom Brustkorb ab und ist so deutlich wie kein anderer Körpermuskel durch die Haut zu sehen und zu fassen. Bei eleviertem Arm wirken alle Teile des Muskels zusammen, um den Arm nach vorn zu senken (z. B. beim Säbelhieb). Ist der Arm mit der Hand fixiert, so ist umgekehrt die Bewegung des Körpers gegen den Arm hin das Wesentliche (z. B. beim Klettern). Die Beziehung des Pectoralis major und der übrigen am Brustkorb angehefteten Extremitätenmuskeln für die Atmung ist früher erwähnt (auxiliäre Atemmuskeln, S. 214). Die quer und deszendent verlaufenden Fasern vermögen bei herabhängendem, mit der Hand fixiertem Arm, die Schulter nach vorn zu senken.

Die Haut hat beim ruhenden, also verkürzten Muskel gewöhnlich Stauchungsfalten, die den seitlichen Brustkontur nach oben verlängern (Abb. 100. 163. 164).

Der große Brustmuskel ist sehr wichtig für eine Art der künstlichen Atmung, bei welcher die Arme des Patienten extrem abduziert und retrovertiert werden. Die Pektorales sind dann passiv gespannt und ziehen die Rippen auseinander. Wird die Bewegung rhythmisch wiederholt, so werden die Lungen ausgiebig gelüftet und die natürliche Atmung kann selbst nach langer Pause (Scheintod) wieder erwachen.

Bei Erhebung des Armes springt der Pektoralis zuerst besonders vor (Abduktion, Abb. 134), weicht aber beim Übergang in die Elevation entsprechend der Stellung des Humerus medianwärts zurück (Abb. 135). Die vordere Achselfalte, welche vom Pektoralis gefüllt wird, verstreicht infolgedessen, je höher der Arm gehoben wird; die hintere Achselfalte bleibt dagegen bestehen, da der Latissimus, der in ihr liegt, mit seiner Pars costalis weiter lateral entspringt als der Pektoralis. Die Achselhöhle vertieft sich bei Abduktion des Armes anfangs (bis der Arm um 45° abduziert ist), besonders wenn gleichzeitig die Muskeln in den Achselfalten kontrahiert werden, und flacht sich dann immer mehr ab. Ihr Boden wird schließlich durch den Humeruskopf nach vorn gedrängt und rückt in das Niveau der Umgebung (Abb. 106). Bei herabhängendem Arm ist die Haut der Achselhöhle entspannt und der palpierende Finger kann am höchsten am Brustkorb hinauftasten (bis zur 3. Rippe). Dies ist die Explorationsstellung. Sie ist besonders wichtig für die Untersuchung des Schultergelenks (S. 281). Bei gehobenem Arm ist die Haut gestrafft, aber der Inhalt der Achselgrube nähert sich ihr und ist von vorn für das Messer gut zugänglich: Operationsstellung.

Vordere Achselfalte. Explorations- und Operationsstellung für die Achselhöhle

Die vordere Achselfalte setzt bei herabhängendem Arm die Richtung der 4. Rippe in der vorderen Brustwand lateralwärts fort.

Die Varietäten der Muskulatur sind in der Brustgegend besonders zahlreich. Sie resultieren zum Teil aus unvollkommenen Trennungen oder Verschiebungen der Muskelanlagen auf irregulären Bahnen. Wir sahen, daß der Muskel beim menschlichen Embryo in der Nähe der Klavikula liegt und von dort aus kaudalwärts wächst; der Pectoralis minor spaltet sich aus der gemeinsamen Anlage ab und ist ganz anders orientiert als sie. Nimmt man an, daß bei solchen Prozessen eine atypische Loslösung von Teilen der Anlage eintritt, so ist eine Verwerfung leicht denkbar. Die übliche Stratigraphie der Brustmuskeln kann deshalb durch Muskelindividuen mehr oder minder selbständiger Art unterbrochen sein, welche zwischen dem Pectoralis major und minor, vor ersterem oder zur Seite von letzterem (lateral) liegen.

Muskelanomalien (M. sternalis, muskulöser Achselbogen u. a.)

Eine andere Quelle von Muskelvarianten wird nicht aus individuellen Störungen der Entwicklung, sondern aus altem Erbgut der Säuger gespeist. Es gibt ursprünglich einen Hautmuskel, Panniculus carnosus, der bei fast allen Säugern besonders entfaltet und zur ausgiebigen Bewegung der Rumpfhaut benutzt ist, z. B. beim Abwehren von Insekten. Beim Menschen ist diese Muskulatur überflüssig geworden, weil die Hand solche Bewegungsfreiheit erlangt hat, daß sie fast alle Stellen der Körperoberfläche erreichen kann; es kommen aber individuell Reste vor, welche an der seitlichen Brustwand zwischen dem lateralen Rand des Pectoralis minor und dem Vorderrand des Latissimus in breiten Zügen

über die Faszie des Serratus anterior gegen die Achselhöhle ziehen. Eine besondere Differenzierung dieser Züge ist der muskulöse Achselbogen, welcher vom Rand des Pectoralis major zum Latissimus zieht und an letzterem aponeurotisch angeheftet ist (Abb. 137, 135). Er überbrückt das Gefäßnervenbündel und den M. coracobrachialis, welche aus der Achselhöhle zum Oberarm ziehen. Da mit dem Achselbogen gelegentlich Muskelzüge zusammenhängen, welche wie die Pars abdominalis des Pectoralis major von der vorderen Rektusscheide entspringen (Abb. 137), so kann die Pars abdominalis mit Wahrscheinlichkeit als ein weiterer Rest des Panniculus carnosus gelten. Als ein dritter Rest wird ein nicht selten beobachteter Muskel angesprochen, welcher vor der Faszie des Pectoralis major parallel dem Sternalrand ein- oder doppelseitig vorkommt: Musculus sternalis (in $4^1/_2{}^0/_0$ der Fälle). Er hängt meistens mit dem M. sternocleidomastoideus (Tabelle Nr. 17) zusammen und wird von vielen Autoren zu diesem gerechnet; er kann aber auch sehnig mit anderen Resten des Hautmuskels verbunden sein. Bei seiner Kontraktion, die gemeinsam mit anderen Muskeln erfolgt, kann er beim Lebenden als Längswulst durch die Brusthaut sichtbar sein.

Es kommt vor, daß die Nervenäste zu den drei genannten Muskeln zu einem besonderen Nervenstamm der Pektoralisgruppe gehören. Dann ist ein Zweifel an ihrer Abstammung aus dem Panniculus carnosus, der aus der Pektoralisgruppe hervorgegangen ist, nicht möglich. In anderen Fällen ist schwer zu entscheiden, ob nicht individuelle Verwerfungen dazu geführt haben, daß Muskelzüge die alten Bahnen des Hautmuskels einnehmen, ohne zu ihm zu gehören. Solche Imitationen kombinieren sich wahrscheinlich mit echten Überbleibseln des Pannikulus. Daß der Latissimus mit abgespaltenem Material beteiligt sein kann, wurde bei diesem Muskel erwähnt und ist durch die Innervation belegt. Es kann aber auch Material des Hautmuskels in den Vorderrand des Latissimus eintreten. Eine sehnige Trennung zwischen ihm und dem Achselbogen besteht dann nicht.

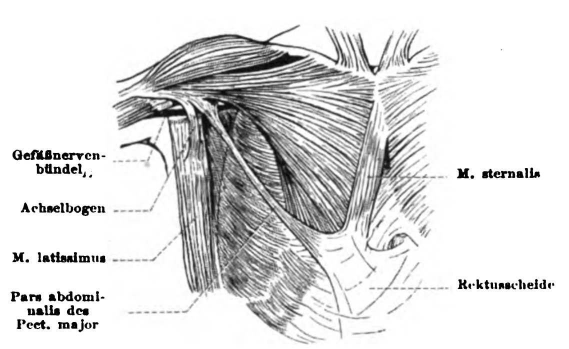


Abb. 137. M. sternalis, muskulöser Achselbogen und selbständige Pars abdominalis des M. pect. major bei dem gleichen Menschen (Umzeichnung nach G. S. Huntington).

Faszie der Brust, Loge des Pect. major

Die Faszie auf der Oberfläche des großen Brustmuskels wird bezeichnet als Lamina superficialis fasciae pectoralis (Abb. 136), weil sie mit der Lamina profunda, welche auf seiner Unterfläche liegt und beim Pectoralis minor beschrieben wurde, zusammenhängt und den Muskel einhüllt. Die oberflächliche Faszie ist ein dünnes, filziges Blatt, welches unverschieblich mit dem Perimysium externum verwachsen ist. Eine Fetteinlage zwischen beiden besteht nicht, dagegen liegt Fett zwischen der Faszie und der Haut, namentlich bei der weiblichen Brustdrüse.

Verschieblichkeit und Fett dienen als differentielle Merkmale der prämuskulären Schichten, wenn es sich darum handelt, den Sitz und die Ausdehnung von Erkrankungen zu bestimmen, welche sich auch in das Muskelfleisch einnisten (Karzinom der Mamma). Wie fest geschlossen die Loge ist, welche der Pectoralis major einnimmt, können Eiteransammlungen lehren, welche oft in der Loge festgehalten und sehr versteckt unter dem Muskel bleiben. Die oberflächliche Faszie des Pektoralis geht in die Faszie des Deltoides über.

Die Fascia axillae hängt am äußeren Rande des Pectoralis major mit der Fascia pectoralis, speziell mit der Lamina profunda zusammen (Lig. suspensorium axillae, Abb. 136) und zieht von dieser Stelle, der vorderen Achselfalte, herüber zur Faszie des Latissimus in der hinteren Achselfalte, in welche sie ebenfalls übergeht. Sie ist von zahlreichen Lücken für Blut, Lymphgefäße und Nerven siebförmig durchlöchert und kann deshalb den starken Zugansprüchen bei den Armbewegungen nachgeben.

Langerscher Achsel-

Als Sicherung umrahmen zwei quer zur Armachse ziehende Faserverstärkungen die verdünnte Partie der Fascia axillae. Die eine (regelmäßigere) liegt mehr

proximal in der Rumpfwand und wird Achselbogen (LANGERscher Bogen) genannt; die andere ist nicht immer vorhanden, liegt distal und gehört zum Arm, deshalb Armbogen genannt. Die Fascia axillae kann auch muskulös verstärkt sein durch Fasern, welche auf oder in ihr liegen (muskulöser Achselbogen). Über die genetischen Beziehungen zum Panniculus carnosus ist oben berichtet. bogen und Armbogen

Innervation: Nn. thoracales anteriores. Segmentale Nerven: (C 5), C 6—C 8, Th 1. Blutzufuhr: A. thoracoacromialis und A. thoracalis lateralis aus A. axillaris und Ästchen von Interkostalarterien. Bursa synovialis: Ein Schleimbeutel liegt zwischen dem tiefen Blatt der Insertionssehne und dem Humerus, nach der Sehne des Latissimus zu. Der untere Rezessus des Schultergelenkes (Vagina mucosa intertubercularis, Abb. 148) reicht nahe an diesen Schleimbeutel heran, ohne aber mit ihm zu verschmelzen.

d) Dorsale Gruppe der eingewanderten Rumpfmuskeln (Mm. thoracales dorsales). Tabelle S. 231, Nr. 11—13.

Die eingewanderten Rumpfmuskeln sind bei der Schulter von den eigentlichen (autochthonen) Armmuskeln daran zu unterscheiden, daß sie am Schultergürtel und nicht am Humerus inserieren. Die einzige Ausnahme, der Pectoralis minor, gehört trotz seiner Insertion am Processus coracoides, also am Gürtel, doch nicht hierher; er ist in der Tabelle unter Nr. 9 aus den früher angegebenen Gründen eingereiht (S. 252). Die dorsale Gruppe der Schultermuskeln thorakaler Abkunft inseriert an dem dorsalen Teil des Schultergürtels, dem Schulterblatt. Die Ausbreitung der drei Repräsentanten dieser Gruppe (Tabelle Nr. 11—13) ist aber nicht die gleiche. Zwei (Tabelle 11—12) haben sich dorsalwärts entwickelt und überdecken deshalb die tiefen Rückenmuskeln (Abb. 9, Rhomboides). Der dritte (Tabelle Nr. 13) hat dagegen durch eine Schwenkung um den feststehenden Insertionspunkt an der Skapula die vorderste Partie der ventralen Körperwand gewonnen (Abb. 9, Serratus anterior). Der Funktion nach ist er zum Antagonisten der beiden ersteren geworden, ähnlich wie bei den dorsalen brachialen Schultermuskeln antagonistische Gruppen durch die verschiedene Situation zum Schulterblatt (Außen- und Innenfläche) zustande gekommen sind.

Beim menschlichen Embryo liegt die Anlage des Serratus „anterior" (Tab. Nr. 13) anfänglich mit der Anlage des Levator scapulae (Tabelle Nr. 12) zusammen am dorsalen Rande der Skapula; er wächst erst allmählich nach vorn gegen das Brustbein hin aus und verdient dadurch erst seinen Beinamen in der menschlichen Anatomie, der rein topographisch und nicht genetisch verstanden werden muß. Mit anderen „vorderen", wirklich ventralen Muskeln hat der dorsal von der Gliedmaße entstandene Serratus „anterior" nichts zu tun.

Man muß im Auge behalten, daß alle thorakalen Muskeln der Extremität ihrem Ursprung nach — zur vorderen Körperwand gehören. Das bleibt an ihren Nerven zeitlebens kenntlich. Dorsal und ventral heißen die Gruppen nur in bezug auf den Schultergürtel und die Extremität, die selbst ja auch genetisch ganz zur ventralen Körperhälfte gehört. Indem aber Teile der dorsalen thorakalen Gruppe sich über die autochthonen Rückenmuskeln hinwegschieben (Abb. 9), werden sie topographisch noch in einem anderen Sinne dorsal, d. h. sie liegen nun in der dorsalen Körperhälfte. Genetisch bleiben sie deshalb doch ventrale Muskeln, gerade so wie diejenigen unserer jetzigen Rückenmuskeln, welche über die autochthonen Rückenmuskeln hinweg die Dornen der Rückenwirbel erreicht haben (z. B. Serrati posteriores, Abb. 9 und Tabelle S. 89, Abteilung II).

Musculus rhomboides. Der Name des Muskels ist sehr charakteristisch. Die Rautenform kommt durch die parallele Lage von Muskelbündeln zustande, die sehnig höher an der Wirbelsäule entspringen, als das Schulterblatt in der Ruhe steht, und schräg abwärts zum vertebralen Rand des Schulterblattes verlaufen (Abb. 129); dort inserieren sie außen vom Trigonum spinae ab bis gegen den Angulus inferior (Abb. 127, 140). M. rhomboides (Tabelle Nr. 11), Abb. 60, 87, **127**, 129, 131, 133, 138, **140**

Nur nach dem Angulus zu konvergieren Muskelfasern, sonst ist die parallele Lage der Fasern regelmäßig und die Dicke des Muskels gleichmäßig. An der Ska-



pula quillt jedoch das Muskelfleisch in den Raum vor, welcher zwischen der vom Serratus anterior (Tabelle Nr. 13) bedeckten Unterfläche der Schulter und dem Brustkorb frei bleibt (Abb. 140). Die Insertion ist deshalb wulstig; sie ist die dickste Stelle des Muskels. Eine Fettmasse, welche anschließend an den Rhomboides den übrigen Teil des genannten Raumes ausfüllt, richtet sich in ihrer Größe nach dem Platz, welchen der Muskel je nach den Bewegungen der Schulter einnimmt. Häufig sind alle Muskelfasern an einer Sehne befestigt, welche sich vom Trigonum spinae längs dem Schulterblattrand bis zum Angulus inferior herüberspannt. Der Muskelzug wird durch sie besonders dem letzteren Punkte zugeleitet.

Durch Gefäße, welche den Muskel nicht weit vom oberen Rand durchsetzen, wird er in einen schmalen Rhomboides minor und einen breiten Rhomboides major zerlegt, eine Teilung, die ohne wesentliche Bedeutung und oft undeutlich ist.

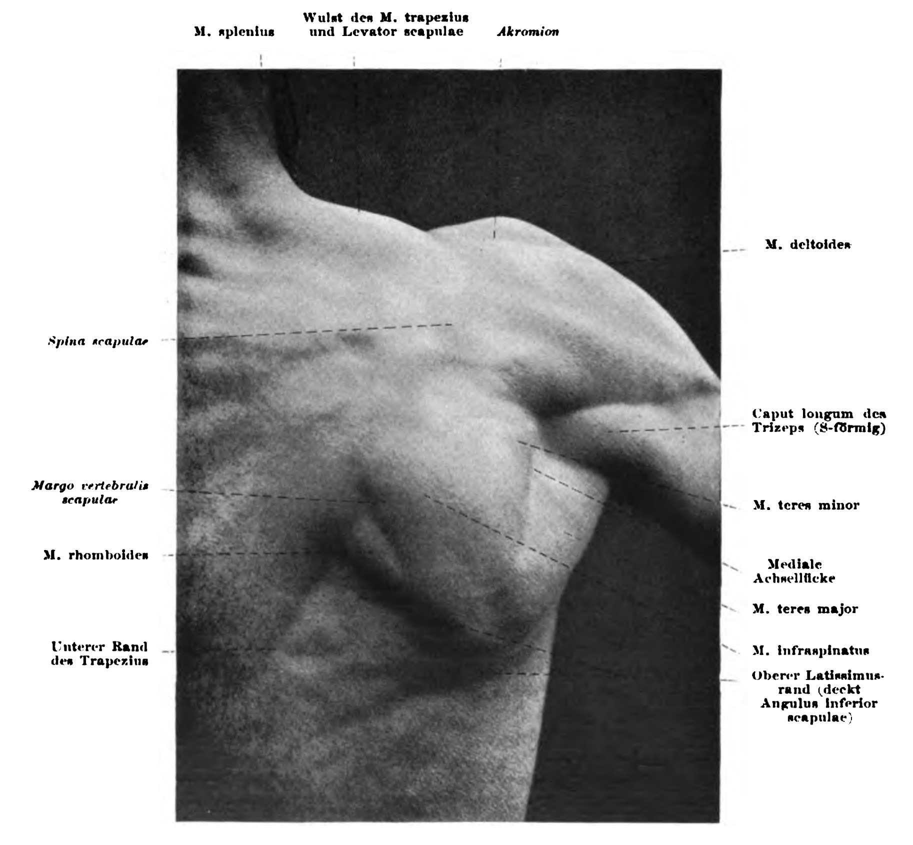


Abb. 138. Schulter bei abduziertem Arm. Muskelkräftiger, sehr magerer Mann. Photo.

Die Rautenform des Muskels ist an der Profilierung der Haut des Rückens zu erkennen, obgleich der Rhomboides durch den Trapezius (Tabelle Nr. 16) fast ganz bedeckt wird. Besonders die untere Kante des Muskels pflegt kenntlich zu sein, weil der Trapezius über sie herüber in ein etwas anderes Niveau zurücksinkt (Abb. 131). Ein kleines Stück dieser Kante liegt unmittelbar unter der Haut in einem Dreieck, welches durch den äußeren Rand des Trapezius, den oberen Rand des Latissimus und die Basis scapulae abgegrenzt ist. Es kann bei abduziertem Arm vorkommen, daß die Unterkante des Rhomboides dieses Dreieck in zwei ungleiche Teile teilt, die selbst dreieckig sind (Abb. 138).

Im unteren der beiden Dreiecke, welches grubenförmig vertieft ist, liegen die Rippen mit den Insertionen des Iliokostalis nur von Bindegewebe bedeckt.

Der Unterrand des Rhomboides liegt mit demjenigen des Serratus anterior in einer Flucht (Abb. 140). Die Basis scapulae ist zwischen diese beiden Muskeln, die hüben und drüben an ihr festgeheftet sind, wie eine knöcherne Inskriptio eingelassen.

Basis scapulae als knöcherne Inskriptio zwischen Rhomboides und Serrat. anterior

Unter dem Rhomboides liegt der Serratus posterior superior (Abb. 140); die Sehnen beider sind an den Wirbeldornen oft verwachsen. Man erkennt beim Präparieren den Serratus daran, daß er an die Rippen geht und daß sein oberer Rand über den Rhomboides hinausragt. Der Rhomboides liegt mit seiner unteren Hälfte unmittelbar auf den tiefen Rückenmuskeln.

Rhomboides und Serratus anterior, welche die Basis scapulae zwischen sich fassen, wirken als ein muskulöses Aufhängeband des Schulterblattes, welches die Stellung des Knochens in bezug auf die Wirbelsäule reguliert. Wir unterscheiden bei den Änderungen der Lage des Schulterblattes Fortbewegungen (Lageveränderungen) und Drehungen (Stellungsveränderungen). Die ersteren sind zu vergleichen dem Marschieren einer Kolonne auf einer Straße, die letzteren mit dem Schwenken eines Truppenkörpers auf der gleichen Stelle. Wie bei der Truppe auf dem Exerzierplatz können auch bei dem Schulterblatt beide Bewegungsarten kombiniert sein. Die breite Fläche des Brustkorbes bietet Raum genug dazu. Der Rhomboides veranlaßt eine Fortbewegung nach der Wirbelsäule zu und dreht gleichzeitig so, daß der obere äußere Winkel des Schulterblattes (Verbindung des Akromion mit der Klavikula) als Drehpunkt feststeht und die Basis schräg nach oben geführt wird. Für den abduzierten Arm bedeutet das unter bestimmten Voraussetzungen eine aktive Senkung (Adduktion z. B. bei Druck auf einen Bergstock).

Fortbewegung und Drehung d. Schulterblattes

Innervation: N. dorsalis scapulae. Segmentale Nerven: C 4, C 5. Blutzufuhr: R. descendens der A. transversa colli aus A. axillaris und Ästchen von den benachbarten Interkostalarterien.

Musculus levator scapulae. Er verläuft bei Normalstellung in einer fast sagittalen Ebene von den Querfortsätzen der obersten Halswirbel zur Basis scapulae (Abb. 96), zieht in dieser Ebene schräg nach hinten (Abb. 129) und windet sich schließlich spiralig um den Splenius herum (Abb. 127). Der Rand des Splenius ist ein Stützpunkt für den Muskel.

M. levator scapulae (Tabelle Nr. 12), Abb. **96**, 103, 116, **120**, **127**, 129, 139, 248

Die Ursprungszacken sind leicht trennbar, aber eng aneinandergepreßt, da der Platz zwischen Splenius und Skalenussystem, welchen sie einnehmen, kärglich ausgemessen ist. Die oberste, am Atlas entspringende Zacke ist am größten und überlagert die übrigen drei, von denen eine oder zwei untere zartsehnig sind oder aus Raummangel ganz fehlen können (Abb. 96). Die Insertion läßt die oberste Spitze der Skapula ganz frei, umfaßt aber mit massivem Muskelfleisch die Oberfläche der anstoßenden Basis und reicht mit kurzer Sehne bis zum Trigonum spinae hinab (Abb. 129). Der Muskelbauch ist sonst schlank und parallelfaserig. Zwischen ihm, der Faszie des Supraspinatus und den Insertionssehnen der Skaleni an den obersten Rippen liegt ein vom Trapezius überdeckter Fettkörper, welcher sich nach der Größe der Lücke zwischen diesen Begrenzungen richtet und seine Form je nach der Haltung der Schulter wechseln kann.

Der Levator scapulae wird vom Trapezius (Tabelle Nr. 16) größtenteils bedeckt; nur die Ursprungspartie ist im äußeren Halsdreieck sichtbar und überkreuzt, von vorn gesehen, schräg den Rand des Trapezius (Abb. 139). An den Muskel schließt der Skalenuswulst unmittelbar an. Bei Trapeziuslähmungen ist der Levator oft sehr schön seiner ganzen Ausdehnung nach sichtbar, besonders wenn er innerviert wird. Man sieht aber auch am Relief des normalen Trapezius die Unterpolsterung, welche ihm der Levator verleiht und welche mit dazu wirkt, den unteren seitlichen Halskontur zu verbreitern (Abb. 138).



Die Skapula ist mit ihrem inneren oberen Winkel am Levator wie an einem Bande aufgehängt (Abb. 129, Pfeil). Der Muskel hebt das Schulterblatt im Sinn einer fast reinen Fortbewegung nach dem Kopfe zu. Doch kommt von der Gesamthebung der Schulter (ca. 10 cm) nur etwas mehr als die Hälfte durch den Levator zustande. Das übrige leistet der Trapezius.

Bei Lähmung des Trapezius ist dies deutlich; denn die Schulter kann dann nie so hoch gehoben werden, wie auf der normalen Seite. Eine ganz geringe Rotation der Skapula um die Akromioklavikularverbindung ist mit der Hebung durch den Levator verbunden.

Innervation: N. dorsalis scapulae (Plexus brachialis) und ein oder mehrere Äste aus dem Plexus cervicalis. Segmentale Nerven: (C 2), C 3—C 5. Blutzufuhr: A. cervicalis ascendens, A. vertebralis und A. transversa colli aus der A. axillaris.

Ursprüngliche Beziehungen des Levator, Rhomboides und Serrat. ant. zu den Skaleni

Varietäten: Es gibt auf beiden Seiten des Levator atypische Verbindungen oder Einschiebungen, von denen die hinteren zum Rhomboides und Serratus anterior, die vorderen zur Skalenusgruppe herüberführen. Alle zusammen sind Überreste

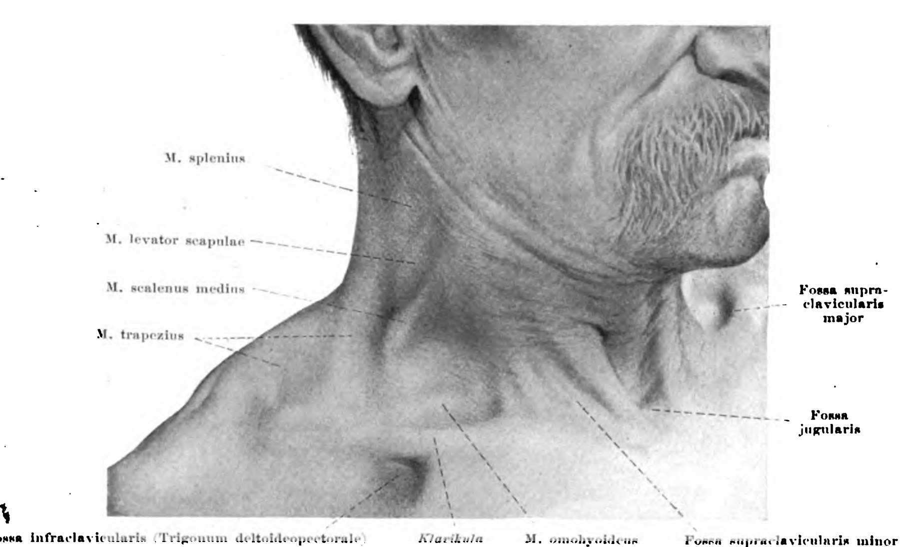


Abb. 139. Äußeres Halsdreieck (Regio colli lateralis). Muskelkräftiger, sehr magerer Mann; vgl. die freigelegten Muskeln in Abb. 103 (der Omohyoideus ist weggenommen, in Abb. 248 dargestellt).

des genetischen Zusammenhanges dieser Muskeln. Der Levator entspringt von den oberen Halswirbeln geradeso wie der Scalenus posterior von den unteren; er ist eine seriale Fortsetzung dieses Muskels (Abb. 116). Gewöhnlich sind seine Insertionen an die Extremität gelangt — das entspricht der Norm —, daneben können Bündel wie beim Skalenus an die Rippen gehen. Diese atypischen Muskeln sind Teile des Levator, die den Charakter der Skaleni angenommen haben (Abb. 140). Nach vorn kann der Levator durch Vermehrung seiner unteren Ursprungszacken bis zur Vereinigung mit dem Serratus anterior vergrößert sein. Auch der Rhomboides hat gelegentlich atypische Ursprünge, welche bis zu den oberen Halswirbeln hinauf reichen. Bei ihm und dem Levator kann es vorkommen, daß sie vom Schädel entspringen, der erstere mit einer Zacke vom Hinterhauptbein, der letztere vom Warzenfortsatz. Die Ursprünge des einen von Dornfortsätzen, des anderen von Querfortsätzen sind dann am Schädel noch in ursprünglicher Weise vereinigt.

M. serratus anterior (Tabelle Nr. 13), Abb. 60, 86, 87, 96, 99, 101, 103, 106, 115,

Musculus serratus anterior. Er ist einer der ausgedehntesten Muskeln des Körpers, liegt aber zum Teil sehr versteckt und wird deshalb oft für viel kleiner gehalten als er ist. Insbesondere ist die Schulter im Wege, unter die er sich schiebt, indem er von den Rippen aus gleichsam das Schlüsselbein überspringt und seine Insertion bis zum vertebralen Rand der Skapula vorträgt

(Abb. 120). Klappt man das Schulterblatt so weit zur Seite, daß man von vorn her darunter sehen kann oder nimmt man es ganz weg (Abb. 140), so liegt der Muskel frei vor; von dieser großen Fläche ist aber weitaus der größte Teil durch andere Muskeln überdeckt (Abb. 248). 116, **120**, 127, 128, 135, **140**, 146, 248

Die Muskelplatte ist verschieden dick und verschiedenartig gefasert. Danach kann man drei Teile unterscheiden, welche kontinuierlich ineinander

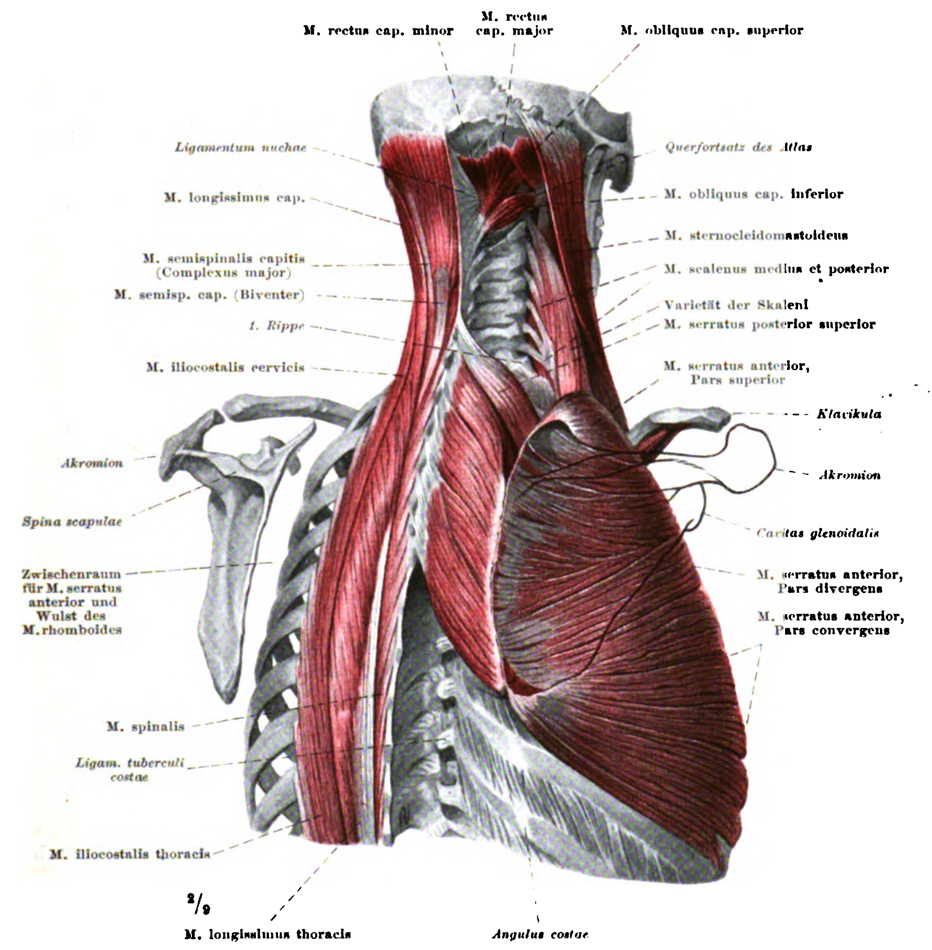


Abb. 140. Einige Rücken- und Schultermuskeln in natürlicher Lage und Form (Muskeltorso). Das rechte Schulterblatt nur als Kontur eingezeichnet (durchsichtig gedacht), das linke im richtigen Abstand vom Brustkorb.

übergehen. Die Pars superior entspringt von der 1. und 2. Rippe (Abb. 116) und einem beide verbindenden Sehnenbogen, welcher aus der Faszie des Musc. intercostalis externus herausgebildet wurde und die Muskel- und Sehnenfasern der Zwischenrippenmuskeln überbrückt, so daß diese frei beweglich bleiben (Abb. 120). **Pars super.**

Die Körper der Rippen, besonders der zweite, haben am Ansatz des Sehnenbogens eine besondere Tuberositas.

Die Pars superior ist aus parallelen Muskelfasern zusammengesetzt, dick und kurz (Abb. 140). Der Musculus subscapularis stemmt sich gegen sie; dem entspricht eine Delle im Muskel. Das Muskelfleisch inseriert am oberen inneren Winkel

der Skapula auf der Unterfläche des Knochens (Abb. 128) und macht alle dessen Bewegungen mit. Daher ragt die Pars superior bei Rückenlage des Menschen, in welcher die Schlüsselbeine (Abb. 117, Nr. 3) und die Schulterblätter stark kranialwärts rutschen, bis in das äußere Halsdreieck hinein und wird dort an der Leiche bei der Präparation des Halses sichtbar. Sie bleibt aber durch ihre Faszie vom Halsdreieck getrennt. Bei aufrechter Körperstellung sinkt sie vom Ursprung nach der Insertion zu eher etwas ab. Der obere Rand steht aber immer sehr hoch (Abb. 140).

Pars intermedia

Die Pars intermedia ist am dünnsten; ihre Fasern verlaufen von der 2. (manchmal auch 3. oder sogar 4.) Rippe ab divergent an einen schmalen Streifen der Basis scapulae (Unterfläche des Knochens, Abb. 128). Je kleiner die Ursprungsfläche ist und je ausgedehnter die Insertion, um so mehr entfernen sich die Muskelfasern nach der Skapula zu voneinander. Oft sind große Spalten zwischen ihnen frei, die aber stets durch die Faszie des Muskels verschlossen bleiben.

Da sowohl die Pars superior, wie die Pars intermedia je mit einer Ursprungszacke von der zweiten Rippe entspringen, so ist die Gesamtzahl der Ursprungszacken des Serratus anterior um eine größer als die Anzahl der Rippen, an welche er angeheftet ist.

Pars inferior

Die Pars inferior schließt mit ihrem deutlich gesägten Ursprungsrand, welcher dem ganzen Muskel den Namen gegeben hat (Serratus-Sägemuskel, Abb. 120), an die Pars intermedia an und reicht gewöhnlich bis zur 9. Rippe hinunter. Auf sie folgt bei den anschließenden Rippen der kostale Ursprung des Latissimus, der gelegentlich statt des Serratus die 9. Rippe besetzen kann (z. B. Abb. 116); oder umgekehrt der Serratus nimmt statt des Latissimus die 10. Rippe ein. An der 9. Rippe oder an der Faszie in der unmittelbaren Nähe von ihr können auch von beiden Muskeln Zacken entspringen. Die Fasern der Pars inferior konvergieren nach der Skapula zu. Deshalb ist die Insertion am unteren Winkel auf der Unterfläche des Knochens die dickste Stelle des Muskels überhaupt, während die einzelnen Ursprungszacken dünner sind.

Darin verhält sich die Pars inferior gerade umgekehrt wie die Pars intermedia. Die Muskelfasern in den Zacken, welche von der 4.—7. entspringen, sind am längsten (Abb. 120). Sie ziehen um so schräger abwärts, je mehr man sich dem unteren Rand des Muskels nähert. Sie legen sich alternierend zwischen die Ursprünge des M. obliquus abdominis externus hinein (Abb. 103).

Die Spitze einer jeden Ursprungszacke des Serratus schiebt sich unter die nächst höhere Ursprungszacke des Obliquus und die Spitze einer jeden Obliquuszacke unter die zunächst höhere Serratuszacke. Oberflächlich sind beide Muskeln oft verwachsen. Dem Serratus entspricht am knöchernen Thorax eine deutliche Delle, die in der Ansicht von vorn im Kontur des Brustkorbes besonders hervortritt (Abb. 95, 96; siehe auch verlorenes Profil Abb. 140, links). Die Muskelplatte füllt die flache Mulde aus und ebnet so die Seite des Thorax zu einer einheitlich gekrümmten Fläche.

Ursprungslinie des Muskels, Form im ganzen und der äußerlich sichtbaren Teile

Die Ursprungslinie des ganzen Muskels am Thorax (Abb. 120) ist S-förmig; die Pars inferior formt eine gegen das Brustbein konvexe Kreisbogenlinie von großem Durchmesser; die Pars superior und Pars intermedia führen diese Linie in umgekehrtem Sinne (konkav) bis zur 1. Rippe fort. Der konkave Kreisbogen hat einen viel kleineren Durchmesser als der konvexe.

Der vom Körper abgelöste und ausgebreitete Gesamtmuskel ist ein Viereck mit unregelmäßig großen und schief zueinander stehenden Seiten. Er ist innerhalb unseres Körpers ganz nach dem Brustkorb geformt, dem er sich seiner ganzen Ausdehnung nach anschmiegt. Er deckt die Rippen und Interkostalmuskeln, oben auch die Ansätze der Skaleni und hinten die Insertion des Serratus posterior superior zu. So kommt es, daß er die Innenfläche der Achselhöhle austapeziert. Er selbst wird vom Latissimus, Teres major, Subskapularis, den beiden Pektorales und dem Inhalt der Achselhöhle so zugedeckt, daß in Normalhaltung nur drei Zacken (von der 6.—8. Rippe) an ihrem Ur-

sprung unmittelbar unter der Haut liegen. Man sieht sie deutlich am lebenden Modell, wenn man den Arm über die Horizontale heben läßt (Abb. 101, 106).

Die erstaunliche Tatsache, daß Muskelfasern, welche unten am Brustkorb liegen, den Arm in ein Niveau heben, das viel höher liegt als sie selbst, wird verständlich werden, wenn wir die Gelenkverbindungen und Bewegungsmöglichkeiten des Schulterapparates studiert haben.

Auch da, wo der Muskel vom Latissimus bedeckt ist, schimmert er doch durch; er beherrscht die Nivellierung des Überganges der Lende zur Schulter. Man sieht deshalb durch die Rückenhaut eine dreieckige Stelle des Latissimus stärker gewölbt, welche vom oberen Rand des Latissimus, dessen lateralem Kontur und der durchschimmernden Unterkante des Serratus begrenzt ist (Abb. 60). Es ist

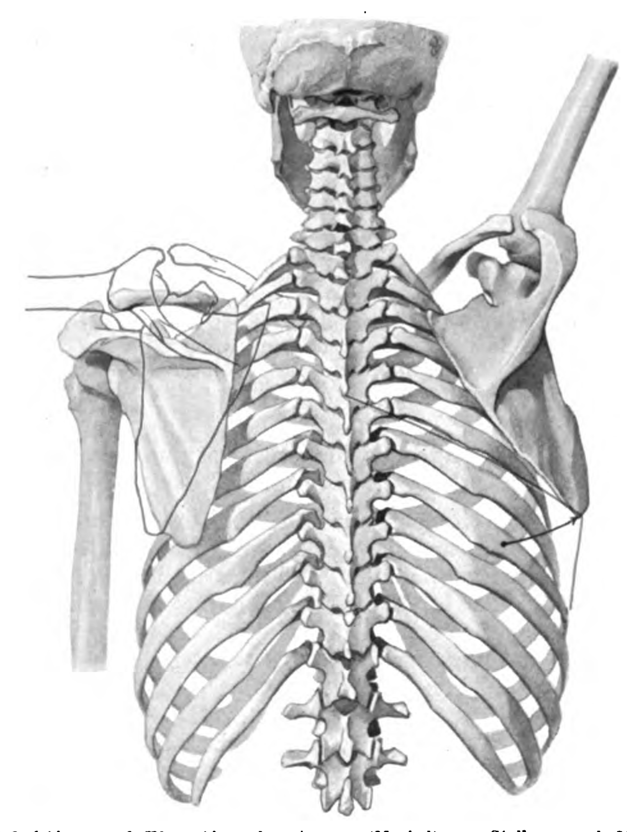


Abb. 141. **Abduktion und Elevation des Armes** (Muskeltorso, Stellung nach **Mollier**, Festschrift v. **Kupffer**, Beilage B, Abb. 7 u. 8). Beim elevierten Arm ist die Rhomboidesserratuslinie eingetragen (rot). Der auf den unteren Skapularwinkel zielende Pfeil gibt den Weg an, welchen das Schulterblatt von der Ruhestellung aus in die neue Lage durchschritten hat. — Wird der Arm von der Anteversion aus gehoben, so bleibt das Schlüsselbein fast horizontal stehen und das Akromion rückt nur wenig kranialwärts. In unserem Bild erscheint die Aufrichtung der linken Klavikula durch die Perspektive übertrieben, weil der Blickpunkt des Beschauers ziemlich weit unten angenommen ist.

für die Bewegungen der Schulter von Bedeutung, dieses Dreieck zu kennen. Die wichtige Linie, welche vom Unterrand des Serratus anterior und des Rhomboides gebildet wird, ist leicht zu finden, wenn man von der Basis des Dreiecks ausgeht. Sie ist bei mageren, aber muskelkräftigen Leuten sehr deutlich und gibt sofort Aufschluß über die Lage der beiden Muskeln (Abb. 87, rechte und linke Seite). Wir nennen sie **Rhomboides-Serratusschlinge**, weil der Angulus inferior scapulae in ihr beweglich aufgehängt ist.

Rhomboides-Serratusschlinge

Es wurde schon beim Rhomboides erwähnt, daß er mit dem Serratus anterior eine gemeinsame Muskelplatte darstellt, in welcher die Basis scapulae

eingelassen ist (Abb. 140). Beide zusammen pressen in jeder beliebigen Stellung des Schulterblattes die Basis des Knochens gegen den Brustkorb an und verhindern als Synergisten mit Unterstützung des Latissimus das flügelförmige Abstehen des Schulterblattes. Der Gesamtmuskelzug ist ferner imstande, auf die Rippen und auf die Wirbel zu wirken, also die Atmung und die Körperhaltung zu beeinflussen. Der Serratus anterior im ganzen kann auch als Antagonist des Rhomboides wirken. Fortbewegung und Drehung des Schulterblattes sind bei ihm auf zwei getrennte Partien des Muskels verteilt. Die Pars superior und intermedia ziehen gemeinsam die Skapula nach vorn, ohne sie merklich zu drehen. Die Pars inferior dreht um den oberen äußeren Winkel (Abb. 141). Das Akromion rückt ein wenig kranialwärts (1,5—2 cm). Diese geringe Hebung ist im Gesamtgetriebe der Bewegungen unwichtig; das Perdeln um die Akromioklavikularverbindung ist dagegen von großer Bedeutung, nicht nur für die Schulter, sondern für den ganzen Arm. Die Fortbewegung und Drehung finden im Rhomboides ihr Gegenspiel.

Auch wenn die beiden Muskeln antagonistisch arbeiten, unterstützen sie sich, weil der eine um so größere Exkursionen ausführen kann, je mehr der andere sich vorher zusammengezogen hat. Der Antagonist verbessert die Ausgangsstellung für die eigentlich wirksame Bewegung.

Die Faszie des Serratus anterior ähnelt der Faszie der benachbarten breiten Muskeln (Pectoralis major, Latissimus); auch die Faszien des Rhomboides und Levator scapulae sind gut ausgeprägt.

Innervation: N. thoracalis longus. Segmentale Nerven: C 5—C 7 (C 8). Blutzufuhr: A. thoracalis lateralis, R. thoracalis dorsalis der A. subscapularis und A. thoracalis suprema aus A. axillaris. Äste von Interkostalarterien. R. descendens der A. transversa colli aus A. subclavia.

e) Ventrale Gruppe der eingewanderten Rumpfmuskeln (Mm. thoracales ventrales). Tabelle S. 232, Nr. 14, 15.

Die ventrale Gruppe besteht aus Muskeln, welche von der ventralen Körpermuskulatur ausgingen und ihrer Lage zum Gürtel nach an dessen ventralem Abschnitt Anheftung gewannen. Der eine der beiden Muskeln (Abb. 9, M. subclavius, Tab. Nr. 14) ist beim Menschen meist an der Klavikula befestigt, greift aber gelegentlich auf das Korakoid über und bleibt dabei im Rahmen der ursprünglich ventralen Gürtelbestandteile. Er kann aber auch in das dorsale Gebiet vordringen, das Akromion und den oberen Rand der Skapula bis zur Incisura scapulae gewinnen. Das ist bei dem anderen Muskel, M. omohyoideus (Tab. Nr. 15), die Regel. Er wurde bereits bei dem Rektussystem des Halses als ursprünglicher M. cleidohyoideus bezeichnet (S. 204); denn auch bei ihm kommen individuell beim Menschen Befestigungen vor, die auf den ventralen Teil des Gürtels beschränkt sind (Klavikula). Es sind das Seltenheiten. In der Regel ist die sekundäre Befestigung an der Skapula allein vorhanden.

In Analogie zu den anderen Muskeln des Halsrektus ist es üblich, beim Omohyoideus die Anheftung am Schultergürtel als Ursprung zu bezeichnen, während sie bei allen übrigen thorakalen Muskeln Insertion heißt.

M. subclavius (Tabelle Nr. 14), Abb. 96, 103, 115, 136, 148

Musculus subclavius. Der Muskel ist seiner äußeren Form nach spindelig, entspringt mit seiner zylindrischen kurzen Sehne an der Knorpelknochengrenze der 1. Rippe und zieht in dem schmalen Spalt zwischen Rippe und Schlüsselbein (fast parallel dem letzteren) nach außen (Abb. 96, 103). Er ist in eine seichte Längsgrube des Knochens, Sulcus subclavius, eingelassen und mit einer derben Faszie bedeckt, welche den Sulkus zu einer osteofibrösen Loge vervollständigt (Abb. 136). Die Insertion erfolgt mit breitem, schräg zugestutztem Muskelbauch in einer langgestreckten Zeile. Innerlich ist der Muskel

gefiedert. Er kann deshalb mit relativ großer Kraft wirken, obgleich er nur 10 cm lang ist; aber sein Moment für die Näherung der Klavikula an die 1. Rippe ist gering, da er fast in der Richtung des Knochens verläuft. Er sichert die Sternoklavikularverbindung, indem er das Schlüsselbein gegen das Brustbein zieht und die passiven Einrichtungen des Gelenkes unterstützt, welche eine Luxation verhindern.

Bei Verletzungen der Klavikula können das Muskelfleisch mit seinen vielen Faserbefestigungen und die derbe Faszie von Wichtigkeit für das Gefäßnervenbündel werden, welches unter dem Muskel über die 1. Rippe hinweg in die Achselhöhle und zur Extremität verläuft. Meistens wird es durch den Muskel vor Splitterverletzungen behütet.

Die Faszie des Subklavius ist mit der Lamina profunda der Fascia pectoralis und also mit der Faszie des Pectoralis minor vereinigt (Abb. 136).

Besonders derb sind die Verstärkungszüge zwischen Korakoid und Klavikula in diesem Blatt: Fascia coracoclavicularis. Sie liegt vor dem Subklavius, der hinter ihr sehr versteckt sein kann. Sie wird von manchen auch als Ligament bezeichnet, ist aber wohl zu unterscheiden von dem echten Ligamentum coracoclaviculare, zwischen dessen beide Abteilungen der Subklavius eingeschlossen ist (siehe S. 280).

Innervation: N. subclavius aus Plexus brachialis (siehe über seine Beziehung zum N. phrenicus S. 195). Segmentaler Nerv: C 5 (auch C 6 oder C 4). Blutzufuhr: A. transversa scapulae aus A. subclavia. Bursa synovialis: In der Nische zwischen der Insertion an der Klavikula und dem Processus coracoides liegt die Bursa supracoracoidea (die Stelle ist aus Abb. 148 ersichtlich).

Musculus omohyoideus. Der Muskel hat für den Schultergürtel nur untergeordnete Bedeutung. M. omohyoideus (Tabelle Nr. 15), Abb. 113, 114, 128, 139, 375

Er ist wichtiger für den Hals (Halsrektus). Dort ist dargelegt, daß er wesentlich als Faszienspanner und „Gefäßmuskel" funktioniert (S. 205, 208). Indirekt kann die Fascia colli media (Abb. 114) auch auf das Schlüsselbein und die 1. Rippe wirken, an welchen sie befestigt ist. Als auxiliarer Atemmuskel kommen deshalb selbst die dünnen Omohyoidei in Betracht.

f) Kopfmuskeln resp. gemischte Kopfrumpfmuskeln der Schulter (Mm. craniales s. craniothoracales). Tabelle S. 232, Nr. 16, 17.

Bei menschlichen Embryonen ist die Gruppe der vom Kopf abstammenden Extremitätenmuskeln anfangs eine einheitliche Anlage, welche neben dem Nervus vagus, dem 10. Gehirnnerv, liegt. Sie zerfällt erst bei Embryonen von 9 mm Länge in zwei Teile (Abb. 142, 367). Der eine befestigt sich am sternalen Ende des Schlüsselbeines und am Brustbein; er wird zum M. sternocleidomastoideus (Tab. Nr. 17). Der andere befestigt sich am akromialen Ende des Schlüsselbeines, am Akromion und an der Spina scapulae, sein Ursprung wächst vom Kopf aus über den ganzen Hals und die Brustregion des Rückens; dieser Teil wird zum M. trapezius (Tab. Nr. 16).

Der Trapezius der Reptilien, Vögel und Säuger nimmt bei seinem Wachstum über den Rücken hin thorakales Muskelmaterial in sich auf. So erklärt sich, daß er nicht nur von einer Abspaltung des Vagus, dem Nervus accessorius, versorgt wird, wie bei Fischen und Amphibien, sondern auch von spinalen Halsnerven. Auch der Sternokleidomastoideus bleibt kein reiner Kopfmuskel, ist aber weniger mit Rumpfmaterial gemischt als der Trapezius. Beide Muskeln können sich mit den Anheftungen am Schädel beim erwachsenen Menschen noch berühren. Gelegentlich hängen sie ausgedehnter zusammen. Gewöhnlich ist aber eine breite Spalte zwischen ihnen entstanden, deren Spitze nach dem Schädel zu gerichtet und deren Basis vom Schlüsselbein geformt ist. Wir nennen sie äußeres Halsdreieck, Trigonum cervicale laterale (Abb. 139, 99). Obgleich es teilweise vom M. subcutaneus colli (Platysma, Abb. 375) überbrückt wird, sinkt doch die Haut in die Spalte etwas ein, Fossa supraclavicularis major (Abb. 139, linke Seite). Die Grube ist im Volksmund als „Salzfäßchen" bezeichnet, wenn sie — wie beim Mädchen im Entwicklungsalter — besonders tief ist (franz. „coin d'amour").



M. trapez. (Tabelle Nr. 16), Abb. 60, 86, 99, 100, **103**, 129, **131**, 133, **146**, 248, 335

Musculus trapezius. Der rechte und linke Muskel zusammen haben Rautenform. Breitet man den einzelnen Muskel aus, so ist er dreieckig mit schräg abgestumpfter Spitze am Insertionsende. Die Basis des Dreiecks liegt an der Wirbelsäule. Die Muskelfasern verlaufen von der großen Ursprungslinie aus in sehr verschiedener Richtung nach der relativ kleinen Insertionslinie hin (Abb. 131, 146). Man kann deszendente, transversale und aszendente Muskelfasern unterscheiden, die ohne scharfe Grenzen ineinander übergehen, aber ihrer Wirkung nach selbständige Muskeln sind.

Pars descendens

Die Pars descendens entspringt von der Linea nuchae superior und Protuberantia externa des Hinterhauptbeines (Abb. 335), dem Nackenband bis zum 6. Halswirbeldorn und inseriert am lateralen Drittel des Schlüsselbeines mit Ausnahme des akromialen Endes (Abb. 129). Sie umgreift spiralig den Semispinalis capitis, Splenius und Levator scapulae und schmiegt sich der Faszie dieser Muskeln eng an (Abb. 103). Die Fläche ist am Ursprung dorsal, an der Insertion ventral gerichtet. Sie liegt wie der Trapezius im ganzen un-

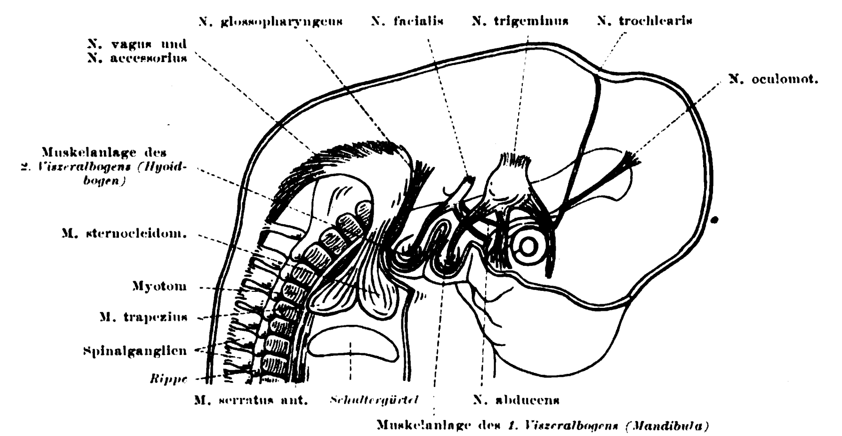


Abb. 142. Muskel- und Nervenanlagen des Kopfes und vorderen Rumpfes, menschlicher Embryo von 9 mm Länge (nach einem Wachsplattenmodell von Warren H. Lewis, aus Keibel-Mall, Entwickelungsgesch. Bd. I, S. 511).

mittelbar unter der Haut und bestimmt beim Lebenden wesentlich die Kegelform der Nackenbasis.

Der Ursprung am Schädel ist eine schmale sehnige Platte, die aber stark verbreitert und auf die oberen Wirbelportionen ausgedehnt sein kann (Abb. 131). Sie ist sehr dünn, manchmal durchlöchert oder defekt und kann leicht mit einer Faszie verwechselt werden. Das Muskelfleisch ist nach der Schulter zu besonders dick und kann zusammen mit dem Wulst des Levator scapulae, welcher den Vorderrand kreuzt und vertebralwärts unter der Pars descendens liegt, den unteren Nackenkontur stark vorwölben (Abb. 138). Bei gut entwickelter Muskulatur gibt schon der Tonus des ruhenden Trapezius dieser Linie eine sanfte Wölbung (Abb. 60).

Junge Mädchen haben statt dessen oft eine durchlaufend konkave Konturlinie. Dies läßt auf schwache Muskeln und schmalen Brustkorb mit tiefstehendem Schultergürtel schließen. Diese Form ist von den Künstlern des Quattrocento und von den Präraffaeliten der Neuzeit (England) stylisiert worden.

Pars transversa

Die Pars transversa entspringt vom 7. Halsdorn bis 2. oder 3. Brustdorn und inseriert am akromialen Ende der Klavikula, am Akromion und oberen Rand der Spina scapulae (Abb. 129). Ein Sehnenspiegel der Ursprungsportion geht in den der anderen Seite über und hat mit diesem zusammen Rautenform wie der Muskel im ganzen. Die Sehnenraute ist als Vertiefung durch die Haut sichtbar (Abb. 131, 80). In ihrer Mitte liegt die Spitze des 7. Brustwirbeldorns

(Vertebra prominens). Es können auch zwei Dornen vorspringen; dann gehört der untere zum 1. Brustwirbel, und die seitliche Spitze der Sehnenraute ist den beiden Dornen entsprechend abgestumpft. Das angrenzende Muskelfleisch des Trapezius ist der dickste Teil des Muskels und springt deshalb bei der Kontraktion besonders vor (Abb. 86).

Man sieht im Relief der Haut die Pars transversa und Pars ascendens in der Ruhe oft besser als die Pars descendens. Vom Niveau der Schulter ab hängen die beiden zuerst genannten Muskelteile der rechten und linken Körperseite wie ein gleichschenkliges Dreieck mit der Spitze nach abwärts, daher der treffende alte Name Mönchskappenmuskel (Cucullaris).

Die Pars transversa bedeckt den oberen Teil des Rhomboides, des Serratus posterior superior und den Supraspinatus. Zwischen der Faszie des letzteren und der Unterfläche des Trapezius liegt ein Fettpolster, welches die wechselnde Größe der Spalte passend ausfüllt.

Die Insertion der Pars transversa ist sehnig. Am Akromion liegt eine Sehnenplatte, welche die Befestigung übernimmt, direkt unter der Haut; der Knochen ist hier ganz frei von überlagernden Muskeln. Die Abgrenzung zwischen Akromion und Muskel ist bei Bewegungen des Schulterblattes sehr charakteristisch und bildet oft äußerlich einen deutlichen Knick (Abb. 138).

Die Pars ascendens entspringt vom 2. oder 3. Brustwirbeldorn, reicht rechts bis zum letzten Brustdorn, links meist nicht so weit abwärts (11. oder 10. Dorn). Bei Linkshändern ist das Umgekehrte zu beobachten. Darin äußert sich die wahre Natur des Trapezius als Extremitätenmuskel, der den Rücken zwar benutzt, um die nötige Größe zu erringen, aber durch die Anforderungen der Gliedmaße beherrscht bleibt. Die unterste Spitze des Ursprungs ist sehnig (Abb. 131). Die dreieckige Sehnenplatte setzt sich schräg gegen den Muskelbauch ab und bildet mit dem Dreieck der anderen Seite eine Raute, welche je nach dem verschiedenen Höhenniveau der beiden Dreiecke mehr oder minder ausgeprägt ist. Wegen der sehnigen Spitze sieht das untere Ende des Muskelfleisches durch die Haut abgestumpft aus (Abb. 133). Pars ascendens

Die Insertion der Pars ascendens ist am medialen und unteren Rand des Trigonum spinae der Skapula befestigt (Abb. 129). Es entsteht auch hier ein dreieckiges Sehnenfeld, welches auf dem Knochen liegt, so daß dieser durch die Haut sichtbar bleibt (Abb. 131). Die ganze Insertionslinie des Trapezius hebt sich infolgedessen beim Lebenden deutlich von der Umgebung ab (Abb. 133). Die Pars ascendens tritt besonders hervor, wenn man die Hand auf einen Stockgriff legt und den Stock stark gegen den Boden drückt.

Die Sehne ist oft mit den darunter liegenden Sehnen des Infraspinatus und Deltoides verankert. Dieser gemeinsame Sehnenspiegel bewirkt eine ovale Delle im Oberflächenrelief, welche im Niveau des Infraspinatus liegt und sich zwischen den Bauch des Trapezius und Deltoides einschiebt (Abb. 133). Die Pars ascendens überdeckt den unteren Teil des Rhomboides außer dessen unterster Spitze und ein kleines Stück des Latissimus (Abb. 138). Die Form des Rhomboides (besonders der untere Rand), ist immer durch den Trapezius hindurch wahrzunehmen (Abb. 60).

Die geschilderten fünf sehnigen Stellen des Muskels sind sehr charakteristisch. Ebenso die plastische Form, in welcher die Nacken- und Brustkrümmungen der Wirbelsäule und die Gesamtkonfiguration der Schulter zum Ausdruck kommen. Man präge sich diese genau nach den Muskelbildern ein (Abb. 131, 248, 146). Der Muskel wird dann am Lebenden leicht erkennbar sein. Fünf Sehnenspiegel

Alle Teile des Trapezius ziehen für sich den Schultergürtel, Skapula und Klavikula, nach hinten auf die Wirbelsäule zu (Abb. 146, drei rote Pfeile im Trapezius), sie vergrößern dabei den kleidoskapularen Winkel (Abb. 124). Die Pars transversa bewirkt eine reine Fortbewegung des Schulterblattes in dieser Richtung ohne Drehung. Die beiden anderen Portionen ermöglichen Fortbewegung plus Drehung. Die Einzelwirkung der drei Teile und ihre Gesamtwirkung

Die Pars descendens adduziert und hebt die Schulter (Hebung bis zu 4,8 cm, mit dem Levator scapulae zusammen bis 10 cm). Sie gibt die Schulter für die Angriffe anderer Muskeln frei, so daß sich das Schulterblatt drehen kann, aber tatsächlich



nicht durch den aktiven Impuls dieser Trapeziusportion. Die Pars ascendens bewegt ein wenig nach abwärts (um 0,5 cm) und dreht selbsttätig. Die Drehung der rechten Skapula von hinten gesehen erfolgt entgegen dem Uhrzeiger. Der obere innere Winkel wird der Wirbelsäule genähert, der untere Winkel dagegen nicht. Die Fortbewegung verschiebt gleichzeitig den unteren Winkel abwärts, und zwar in einer Linie parallel der Wirbelsäule. Es verhält sich also der untere Winkel des Schulterblattes wie die Achse eines Wagens, die sich in einer bestimmten Richtung fortbewegt (kaudalwärts gerichtete Fortbewegung der Skapula) und um welche sich das Wagenrad dreht (Rotation des oberen inneren Winkels der Skapula auf die Wirbelsäule zu). Die Gelenkfläche für den Humerus kommt infolgedessen etwas nach hinten und — wie bei der Wirkung der Pars inferior des Serratus anterior — schräg nach außen oben zu stehen. Dies äußert sich hauptsächlich am Humerus und an den Bewegungen des Armes (Abduktion). Sie werden später im Zusammenhang mit den Gesamteinrichtungen der Schulter besprochen.

Wirken alle Teile des Trapezius zusammen, so vereinigen sich nicht die hebenden, senkenden und drehenden Impulse der Pars ascendens und descendens zu einer reinen Fortbewegung auf die Wirbelsäule zu, wie vielfach angenommen wird, sondern die adduzierende Gesamtarbeit des Muskels und die Hebung durch die Pars descendens kombinieren sich zu einer Drehung des Schulterblattes nach hinten um den unteren Winkel, also eine Bewegung, welche sich von der isolierten Wirkung der Pars ascendens dadurch unterscheidet, daß keine Fortbewegung, sondern eine reine Drehung des Schulterblattes eintritt. Die Stellungsänderung der Gelenkfläche für den Oberarm ist gleichgerichtet, mag die Pars ascendens allein oder der Gesamtmuskel wirken; aber der Gesamtmuskel gibt einen etwas stärkeren Ausschlagswinkel der Drehung. Das ist für die oben berührte Frage der Bewegungen des Armes von Wichtigkeit (das Maximum der Gesamtdrehung durch den Trapezius, gemessen an der Bewegung des Armes, ist nicht größer als 15°, um welche der Arm abduziert wird).

Faszie und Loge des Trapezius

Die Faszie des Trapezius ist gut ausgebildet, geht aber mit filzigen Fasern in die Subkutis über.

Die sehnigen Teile der Pars descendens pflegen besonders fest mit der Faszie und diese mit der Subkutis verwachsen zu sein. Bei sorgfältiger Präparation kann jede dieser Schichten leicht isoliert dargestellt werden. Vom Anfänger wird die dünne Ursprungssehne häufig übersehen, weil sie mit der angehefteten Faszie für eines gehalten wird. Die Faszie hat ein tiefes Blatt, welches vom Rand der klavikularen Portion auf die Unterfläche des Muskels übergeht. Der Muskel liegt zwischen oberflächlichem und tiefem Blatt in einer Faszienloge gerade so wie der Sternokleidomastoideus. Beide Faszienlogen stehen durch ein Faszienblatt in Verbindung, welches das äußere Halsdreieck überspannt: die oberflächliche Halsfaszie (Fascia colli superficialis, Abb. 114).

Innervation: N. accessorius (R. externus) und wechselnde Anteile der Zervikalnerven C 3, C 4 (C 2). Die Grenze der Anteile der Kopf- und Rumpfnerven im Muskel ist nicht sicher bekannt. Bei isolierten Stichverletzungen des Akzessorius ist die Pars descendens des Trapezius am stärksten geschädigt. Blutzufuhr: A. transversa colli (oder vikariierend die A. cervicalis superfic.) und A. transversa scapulae, aus Art. subclavia, Rr. dorsales aus Aa. intercostales, A. occipitalis aus A. carotis externa. Bursae synoviales: ein Schleimbeutel liegt auf dem 7. Halswirbeldorn, einer zwischen Trigonum spinae der Skapula und Sehne der Pars ascendens.

M. sternocleidomastoideus (Tabelle Nr. 17), Abb. 99, 103, 114, 115, 131, 135, 139, 140, 248, 369, 375

Musculus sternocleidomastoideus. In vielen Fällen ist sein Ursprung in eine Pars sternalis und clavicularis geschieden. Die erstere entspringt ganz vorn am Rand des Manubrium (Abb. 115) und ist durch die Haut gut sichtbar (Abb. 139). Zwischen der rechten und linken Sternalportion sinkt die Haut grubenförmig ein zur Fossa jugularis (Jugulum). Die klavikulare Portion verbirgt sich zum Teil hinter der sternalen, kann aber, wenn sie schmächtig ist, zwischen ihrem Innenrand und dem Außenrand der Pars sternalis einen dreieckigen Spalt freilassen, Fossa subclavicularis minor. In der Tiefe dieser Grube liegt die gemeinsame Schlagader für den Hals und Kopf (Arteria



carotis communis). Umgekehrt kann die Pars sternalis auf die Klavikula fortgesetzt sein und die Pars clavicularis teilweise oder ganz bedecken (Abb. 99). Eine Grenze ist jedoch fast immer deutlich. Nach der Insertion am Warzenfortsatz und der Linea nuchae superior zu (Abb. 369) überdecken die Fasern der Pars sternalis diejenigen der Pars clavicularis regelmäßig, doch sind beide Teile hier nur künstlich zu trennen (Abb. 103). Der Muskel ist also einheitlich und nur gegen seinen Ursprung zu verschieden stark gesondert. Dies hängt mit der Wirkung auf den Brustkorb und Schultergürtel zusammen. Die Trennung der beiden Teile ist immer so weit durchgeführt, daß der eine imstande ist, für sich die Klavikula zu heben, allerdings mit geringer Kraft, weil der Ansatz nahe dem Drehpunkt im Sternoklavikulargelenk liegt. Diese Bewegung betrifft den Schultergürtel allein ohne Beteiligung des Brustkorbes. Der andere Teil hebt unmittelbar das Brustbein; das Schlüsselbein geht entweder passiv mit oder wird gleichzeitig aktiv vom erstgenannten Teil gehoben, um den Brustkorb zu entlasten. Diese Bewegung gilt dem Brustkorb allein; der Schultergürtel ist indirekt beteiligt, weil keine Bewegung der ersten Rippe möglich ist, ohne daß er gelüftet wird.

Beziehung zur Atmung und zu Brüchen der Klavikula

Die Wirkungen des Muskels kommen nur in Ausnahmefällen für den Brustkorb in Betracht. Sie sind unökonomisch, weil lange Muskeln für kurze Ausschläge unnötig viel Arbeit leisten. Bei Lähmung der Interkostalmuskeln (Rückenmarksquetschung) ist jedoch eine ausreichende Ersatzatmung durch die Sternokleidomastoidei beobachtet.

Für das Schlüsselbein spielt der Sternokleido eine besondere Rolle, sobald es bricht (einer der häufigsten Knochenbrüche). Wegen der exponierten Lage liegt bei unmittelbarer Einwirkung der äußeren Gewalt auf den Knochen seine Bruchstelle in der Mitte; ebenso auch bei mittelbarer Einwirkung eines Stoßes, z. B. beim Auffallen auf die vorgestreckte Hand, weil die Wirkung auf den einzigen Strebepfeiler für die Extremität, eben die Klavikula, fortgeleitet wird und den Übergang der beiden entgegengesetzt gerichteten Krümmungen des Knochens am ehesten zersplittert. Ist der Knochen in oder nahe der Mitte zerbrochen, so ist der Sternokleido der einzige an der Klavikula befestigte Muskel, dessen Knochenanheftungen normale Lage behalten. Alle übrigen Muskeln verlieren ihre normale Einwirkung auf den Knochen, weil beim Herabsinken das Gewicht des Armes das distale Fragment nach vorn unten zieht und die Ursprünge und Insertionen der Muskeln gegeneinander ganz atypisch gestellt werden. Nur der Sternokleido kann noch arbeiten, aber da ihm das Gegengewicht der Schulter am anderen Ende des Schlüsselbeines fehlt, so schnellt das sternale Fragment durch ihn in die Höhe. Diese für Schlüsselbeinbrüche typische Aufrichtung des sternalen Endes der Klavikula („Reiten" auf dem distalen Fragment) ist schwer auszugleichen, so daß nach der Heilung Verkürzungen des Armes sehr häufig zurückbleiben. Der ganze Vorgang ist ein sehr deutlicher Beweis dafür, wie notwendig die Festigkeit des Knochens im Spiel der Kräfte ist (wie bei einer Wage die Ausbalancierung der Belastungen nur durch die Stabilität des Wagebalkens möglich ist).

Kopfwenden

Der Muskel ist spiralig um den Hals herum gedreht; seine Fläche ist am Ursprung nach vorn, an der Insertion lateral gerichtet. Infolgedessen ist die Wirkung auf den Kopf sehr stark. Nur falls der Kopf durch andere Muskeln festgestellt ist, kommt die eben erwähnte Bewegung des Brustkorbes oder Schultergürtels in Betracht. Sonst wickelt sich die Spiraltour des Muskels, wenn er innerviert wird, ab, bis er gerade gerichtet ist. Man sieht ihn schließlich durch die Haut auf der betreffenden Seite senkrecht vom Jugulum ab in die Höhe steigen. Die Folge ist, daß der Kopf mit der Nase nach der anderen Körperseite zu gewendet und nach der gleichen Seite geneigt ist. Der klavikulare Teil des Trapezius hat die gleiche Funktion.

Die gemeinsame oder alternierende Wirkung der Rückenmuskeln (Splenius, Longissimus und Semispinalis capitis, Recti und Obliqui capitis) mit dem Sternokleido und Trapezius auf die Drehung des Kopfes, ist auf S. 123 erörtert. Die Insertion des Sternokleido am Kopf liegt größtenteils hinter der gemeinsamen Querachse der beiden Atlantookzipitalgelenke (Abb. 335). Ist die Halswirbelsäule unbeweglich, so kippt der Sternokleido der rechten und linken Seite den Kopf nach hinten



(dies ist besonders deutlich bei tetanischen Krämpfen und bei knöcherner Ankylose der Wirbelverbindungen). Die Bewegung ist entgegengesetzt dem Kopfnicken nach vorn. Letzteres kann nur bei günstiger Ausgangsstellung des Kopfes durch den Muskel unterstützt werden. Die beiderseitigen Muskeln sind z. B. in Rückenlage des Menschen beim Erheben des Kopfes wirksam, weil dabei die ganze Halswirbelsäule nach vorn gebogen und das Kinn durch andere Muskeln nach vorn gezogen wird. Bettlägerigen geschwächten Kranken wird dies unter Umständen sehr schwer oder unmöglich; die krampfhaften Zusammenziehungen des Sternokleido machen sich bei ihnen besonders bemerkbar. Der oft gebrauchte Name „Kopfnicker" ist also nur in sehr bedingtem Sinne zutreffend. Der bessere Name ist „Kopfwender".

Muskulöse Unterlage und Loge

Die Spiraltour des Muskels wird zur Geraden ausgeglichen, wenn er sich bei der Innervation von der Muskelunterlage abhebelt. Er stützt sich auf zahlreiche Muskeln. Es sind von den Rückenmuskeln der Splenius, von den Extremitätenmuskeln der Levator scapulae, von den Halsmuskeln der hintere Bauch des Digastrikus (siehe Kopf) und der Omohyoideus; außerdem liegt das Gefäßnervenbündel des Halses (Arteria carotis, Vena jugularis interna und Nervus vagus) unter dem unteren Teil des Muskels. Überdeckt wird er außer durch seine Faszie größtenteils von dem dünnen M. subcutaneus colli (Platysma, Abb. 375). Der vordere Rand des Muskels ist immer mit dem Winkel des Unterkiefers verbunden. An dieser Stelle hängt die Faszie der Glandula parotis mit der Faszie des Muskels zusammen. Beim Lebenden geht deshalb der vordere Kontur scheinbar vom Kieferwinkel aus und verläuft von dort zum Jugulum (Abb. 139).

Der Muskel ist ein Grenzstreifen zwischen dem äußeren und inneren Halsdreieck (Abb. 375). Er liegt in einer Faszienröhre (Loge) eingeschlossen, welche zur oberflächlichen Halsfaszie gehört (Abb. 114) und als Führung für den Muskel dient.

Die Faszie spannt sich nach vorn zum gleichen Muskel der anderen Seite, nach hinten zum vorderen Rand des Trapezius aus. Zwischen ihr und der Fascia colli media besteht eine Spalte, welche aber nicht weit über den lateralen Rand des Sternokleido hinausragt und dort blind endigt, weil die beiden Faszien verschmelzen. Diesen Rezessus überdeckt der untere Teil des Sternokleido. Im oberen Teil ist die Faszie fest mit der Insertionssehne des Muskels verwachsen. Die Sehne bei der Präparation zu reinigen ist recht mühsam.

Innervation: N. accessorius (R. externus) meist unentwirrbar gemischt mit Ästen von C 2 (auch C 3, C 4 oder selbst mit Ästen des N. hypoglossus). Blutzufuhr: R. sternocleidomastoideus aus A. occipitalis, Zweige von anderen Ästen der A. carotis externa (A. auricularis posterior, A. thyreoidea sup.) und meist auch von Ästen der A. subclavia (A. cervicalis superfic., A. transversa colli).

Varietäten: Zahlreiche Muskelzüge verschiedener Anordnung in dem Raum zwischen Sternokleido und Trapezius sind auf den ursprünglichen Zusammenhang des Blastems beim Embryo und auf Störungen bei der Spaltung der gemeinsamen Anlage zurückzuführen (Abb. 367). Befestigungen an Halswirbeln statt am Schädel kommen vor, auch quer verlaufende, dem Schlüsselbein parallele Muskelchen.

4. Band- und Gelenkverbindungen des Brust-Schulterapparates als passive Bewegungsfaktoren (die beiden Schlüsselbeingelenke und das Schultergelenk).

Die 17 im vorigen Abschnitt beschriebenen Muskeln sind keine mechanischen Einheiten, sondern viele von ihnen enthalten infolge der fächerförmigen Ausbreitung Komponenten, welche sehr verschiedenartig oder sogar entgegengesetzt zueinander wirken. Es kommen hinzu Wirkungen von Muskeln, welche vom Schultergürtel entspringen und statt am Oberarm, wie die besprochenen Muskeln, ihrerseits am Unterarm inserieren (Bizeps und Trizeps, siehe Muskeln der freien Gliedmaße); sie überspringen zwei Gelenke (Schulter- und Ellenbogengelenk) und bewegen beide. Ja es gibt Fernwirkungen von Muskeln, welche wie der Brachialis nur das Ellenbogengelenk überspringen und doch die ganze Gliedmaße im Schultergelenk bewegen können (Abb. 44). Ähnlich verhalten

sich die zahlreichen Unterarmmuskeln, die mehrere Gelenke überqueren, — darunter das Ellenbogengelenk, aber nicht das Schultergelenk — und doch für Schulterbewegungen bedeutsam werden können.

Aus dieser Fülle von aktiven Komponenten der Bewegung trifft der passive Apparat eine bestimmte Auswahl. Denn nur diejenigen Ausschläge sind für die Arbeit der Muskeln offen, in welchen die Knochen in ihren Haften gegeneinander verschiebbar sind, und nur so weit, als sie in den betreffenden Richtungen bewegt werden können. Alle anderen Aus- und Anschläge sind in der Norm blockiert durch die mineralische und konstruktive Festigkeit des Knochengewebes und durch straffes Bindegewebe in bestimmten Bändern. Sie werden nur in pathologischen Fällen frei (bei Knochenbrüchen und anschließenden überschüssigen, sogenannten „falschen" Gelenkbildungen, Pseudarthrosen). Es sind also für die tatsächlichen Bewegungen der normalen Schulter die führenden und hemmenden Wirkungen der Knochen- und Bandhaften geradeso bedeutsam wie die in den Muskeln steckenden Möglichkeiten. Die Auswahl, welche aus allen potentiellen Möglichkeiten des aktiven Apparates durch den passiven getroffen wird, ergibt als Endresultat die wahre Summe aller wirklichen Bewegungen.

Von den beiden Knochen einer jeden Schultergürtelhälfte, Schlüsselbein und Schulterblatt, ist nur das erstere mit dem übrigen Skelett durch das Sternoklavikulargelenk in Verbindung (Abb. 124). Das andere Ende der Klavikula ist durch das Akromioklavikulargelenk mit der Skapula verbunden. Obgleich das Schulterblatt nur in Muskeln auf dem Brustkorb hängt, so ist es doch durch die Verbindung mit dem Schlüsselbein in seinen Bewegungen von dem Sternoklavikulargelenk abhängig. Denn Bewegungen des Schlüsselbeins in jedem der Gelenke an seinen beiden Enden werden direkt oder indirekt die Stellung des Schulterblattes beeinflussen können. Das dritte Gelenk, das Schultergelenk, liegt zwischen Skapula und Humeruskopf (skapulohumerales Gelenk). Bewegungen des Oberarmknochens und damit des ganzen Armes sind deshalb nicht nur im Schultergelenk selbst, sondern durch Vermittlung des Schulterblattes auch in den beiden Schlüsselbeingelenken ausführbar (Abbildung 150). So bekommen die am Schultergürtel befestigten Muskeln ihre Wichtigkeit für die Bewegungen der freien Gliedmaße, deren Hebelausschläge um so größer werden, je mehr die Basis der ganzen Extremität, der Schultergürtel selbst, bewegt wird. In der Tat wird sich zeigen, daß an der stärksten Bewegung des Armes, der Elevation über die Horizontale, beide Schlüsselbeingelenke ganz besonderen Anteil haben. Die Einzel- oder Zusammenarbeit der drei genannten Gelenke bildet im Verein mit dem geschilderten aktiven Apparat ein System, welches für die Gliedmaßenbewegungen äußerst wichtig ist. Wir müssen auch hier zuerst die einzelnen Bausteine gesondert analysieren, ehe wir das Ganze verstehen können.

a) Das sternale Schlüsselbeingelenk, Articulatio sternoclavicularis.

Es ist ein zweikammeriges Gelenk. In seinem Inneren liegt eine derbfaserige Zwischenscheibe, Discus articularis, eingeschlossen, ein Rudiment des Episternum (S. 226). Die Extremitas sternalis des Schlüsselbeines artikuliert nur mit dem Diskus, welcher ihr in Form und Größe genau entspricht (Abb. 143). Am Manubrium sterni besteht eine Incisura clavicularis sterni, in welcher ebenfalls nur der Diskus, nicht die Klavikula selbst gleitet. Infolge dieses Einschiebsels ist das Gelenk zweikammerig. Da außerdem die Gelenkkapsel, Capsula articularis, relativ weit ist, so ist die Beweglichkeit viel

Zwei Gelenkkammern Abb. 143 bis 146

größer, als nach der flachen Form der Gelenkflächen an den Knochen selbst zu erwarten wäre. Praktisch kommt die Bewegung in diesem Doppelgelenk derjenigen eines Kugelgelenkes gleich. Das ist der Vorteil, den die Einverleibung des Episternumrestes für die Bewegungen des Armes im Gefolge hat.

Bei Zerreißungen des Gelenkes entsteht der Nachteil, daß der luxierte Knochen, welcher leicht wieder an seine richtige Stelle gebracht werden kann, hier sehr schwer durch Verbände bis zur Ausheilung zu befestigen ist; denn der Diskus begünstigt erneute Verschiebungen. — Häufig ist bei muskelkräftigen Männern das sternale Ende des Schlüsselbeins so dick und prominent, daß dadurch Verwechselungen mit einer Entzündung oder Verrenkung im Gelenk hervorgerufen werden können.

Die drei Hemmungsbänder und ihre Aufgaben

Durch besondere **Hemmungsbänder** wird die Größe der Bewegung nach bestimmten Richtungen bis zu bestimmten Anschlägen festgelegt. In die vordere Kapselwand ist das **Ligamentum sternoclaviculare** eingewebt.

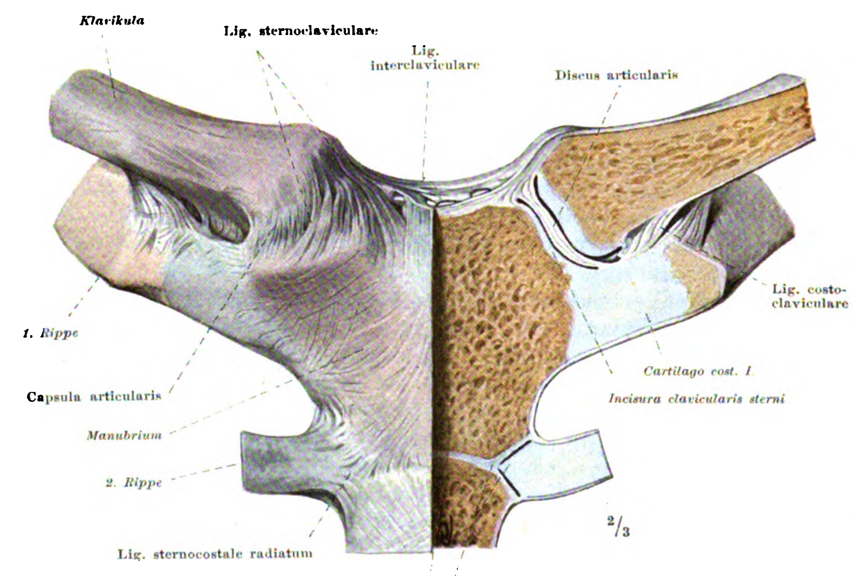


Abb. 143. **Articulatio sternoclavicularis.** Links sind durch einen Sägeschnitt die Vorderflächen der Skeletteile entfernt und die Gelenkhöhlen eröffnet.

Seine Fasern steigen steil an, die medialen laufen in einer leichten Spiraltour zur Kante der Klavikula empor (Abb. 143) und sind so kurz, daß die Klavikula aus ihrer annähernd horizontalen Ruhelage nur wenig gesenkt werden kann. In der Normalstellung des Menschen liegt also der Knochen seiner **Extremstellung** sehr nahe. In derselben Weise wirkt das **Ligamentum interclaviculare**, welches zwischen den medialen Enden der beiden Schlüsselbeine ausgespannt, also gegen die Kapselwand verselbständigt ist. Die straffe Fasermasse ist mit oberflächlich liegenden Schlingen am oberen Brustbeinrand befestigt und enthält in sich eingeschlossen die **Ossa suprasternalia** (Abb. 144), falls solche vorhanden sind (S. 226). Die Horizontalfasern des Bandes sind so kurz, daß die Schlüsselbeine sich gegenseitig im Gleichgewicht halten. Sinkt die eine Klavikula, so steigt die andere entsprechend in die Höhe (Abb. 145a). Dazu muß das Brustbein entsprechend schräg gestellt werden, weil sonst das Lig. sternoclaviculare der Seite, auf welcher das Schlüsselbein gesenkt wird, überdehnt würde oder reißen müßte.

Sinkt in pathologischen Fällen das Schlüsselbein einseitig (Abb. 145b), so stützt es sich auf den Knorpel der 1. Rippe; es wird diesen meistens eindrücken und unter allen Umständen das Gefäßnervenbündel des Armes zwischen 1. Rippe und Schlüsselbein einklemmen (S. 202). Aus solchen hochgradigen Störungen läßt sich entnehmen, wie bedeutungsvoll die Bänder für den normalen Zustand sind. — Mit der Anordnung der Hemmungsbänder hängt zusammen, daß sich das Schlüsselbein in der Ruhelage mit seiner kaudalen Ecke gegen den Diskus und das Brustbein stemmt, so daß hier die Gelenkspalten zusammengepreßt sind. Entzündliche Ergüsse sammeln sich deshalb in der kranialen Abteilung der Spalten und verursachen dem Patienten beim Aufrichten des Schlüsselbeines besonderen Schmerz.

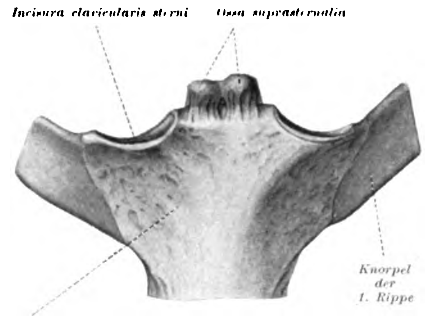


Abb. 144. Ossa suprasternalia. Nach einem Trockenpräparat. Varietät (Erwachsener).

Das Ligamentum costoclaviculare (Abb. 143), ein ebenfalls gegen die Kapsel selbständiges Band, ist im Gegensatz zu den beiden besprochenen straffen Bändern aus ziemlich lockeren Fasern zusammengesetzt, welche dem Schlüsselbein beträchtlichen Spielraum lassen. Infolgedessen ist es von seiner Ruhelage aus wesentlich nach oben beweglich. Das akromiale Ende kann um 10 cm in die Höhe steigen. Mehr gestattet auch der M. subclavius nicht, welcher bei Hebung des Schlüsselbeins passiv gedehnt wird. Die Spiraltour des Lig. sternoclaviculare wickelt sich ab, wenn bei Hebung die Richtung kranio-dorsal genommen wird, während bei kranio-ventraler Richtung die Haut einen gewissen Widerstand leistet, weil das Schlüsselbein sich dann ganz aus dem Niveau der vorderen Brustwand heraus zu drängen sucht. Die erstere der beiden Richtungen wird also durch die Haut und den Bandapparat begünstigt.

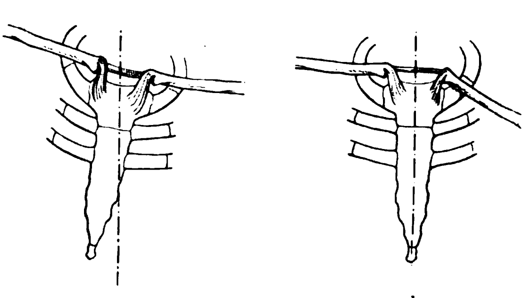


Abb. 145. Neigung des linken Schlüsselbeines nach abwärts (Schema; Umzeichnungen nach Mollier) a) unter Aufrichtung des rechten Schlüsselbeines und Schrägstellung des Brustbeins (normal), b) des linken Schlüsselbeines allein (pathologisch).

Immerhin ist das Schlüsselbein so weit im sternalen Gelenk beweglich, daß es mit seinem akromialen Ende ein Oval von etwa 10 cm Höhe und 12 cm Breite zu beschreiben vermag. Das ist die Linie, welche das äußere Ende des Knochens wie ein Schreibhebel aufzeichnet, wenn man ihn die gleichen Bewegungen wie beim Lebenden ausführen läßt (Abb. 146). Innerhalb dieses Ovals kann jeder Punkt vom distalen Ende des Knochens erreicht werden: Verkehrsebene des Schlüsselbeines. Die Ruhelage liegt der unteren Extremstellung nahe, so daß die Klavikula auch bei Zerschneidung aller Muskeln fast horizontal stehen bleibt. Außerdem kann sich das Schlüsselbein im sternalen Gelenk um seine eigene Achse drehen (Rotation um etwa 22°). Es besitzt also wie ein echtes Kugelgelenk drei Grade der Freiheit.

Die Bänder des sternalen Schlüsselbeingelenkes sind so stark, daß sie allein die Last von Schulter und Arm zu tragen vermögen (4—5 Kilo). Nur für die feinere Einstellung und Haltung des Schlüsselbeines kommen Muskeln in Betracht, wesentlich der Trapezius; aber bei Trapeziuslähmung kann doch wegen des passiven

Apparates nie das Schlüsselbein allein abwärts sinken. Für Lähmungen der Tragmuskeln der Klavikula (Trapezius, Levator scapulae) ist vielmehr das Ausweichen des Knochens **nach vorn** (ventral) charakteristisch, weil nach dieser Richtung die Last des Armes ungehemmt wirken kann.

Die auf das Schlüsselbein wirkenden drei Muskelschlingen

Es gibt eine Reihe von Muskeln, welche innerhalb der ovalen Verkehrsebene des Schlüsselbeines bestimmte Richtungen für den Knochen angeben. Man kann sich diese vom Ruhepunkt des akromialen Endes der Klavikula aus wie die acht Hauptrichtungen einer Windrose vorstellen (Abb. 146: schwarze Linien in der Verkehrsebene; es sind nur 6 Linien gezeichnet). Um in diesem Vergleich zu sprechen, kann man sagen, der Levator scapulae bewegt nach Norden, die obere Portion des Trapezius nach Nordwesten, die obere und mittlere Portion des Serratus anterior nach Osten usw.

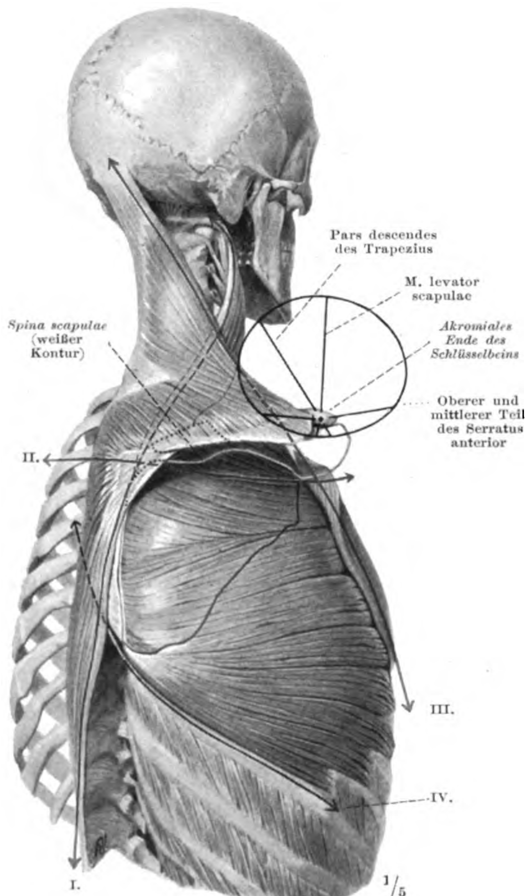


Abb. 146. Die Verkehrsebene des distalen Schlüsselbeinendes (schwarz) und die wichtigsten Muskelschlingen des Schultergürtels. I—III die drei Muskelschlingen (rot), welche das Schlüsselbein im Sternoklavikulargelenk bewegen. IV. Die Serratus-Rhomboidesschlinge (schwarz), bewegt das Schulterblatt im Akromioklavikulargelenk (vgl. mit Abb. 140, wo der Rhomboides durch Wegnahme des Trapezius freigelegt ist; das Schulterblatt ist wie dort durchsichtig gedacht). Muskeln in natürlicher Lage (Muskeltorso); Verkehrsebene nach den Messungen von S. Mollier eingetragen.

Es fehlen nur für zwei Richtungen (SW und NO in unserem Bilde) unmittelbar wirkende Muskeln. Das sind die beiden Richtungen, welche am wenigsten für das Schlüsselbein in Betracht kommen, da die eine (SW) es in Konflikt mit dem Brustkorb (1. Rippe), die andere (NO) in Konflikt mit der Haut bringt. Aber auch diese Richtungen können durch Kombinationswirkung von Muskeln eingeschlagen werden, ebenso wie alle Zwischenrichtungen zwischen den eingezeichneten Hauptrichtungen (NNW usw.).

Die sechs wichtigsten Muskelzüge (rote Doppelpfeile, Abb. 146) sind so angeordnet, daß die Richtung je eines von ihnen in der direkten Fortsetzung der Richtung eines anderen liegt. Es existieren also drei Muskelschlingen, in welche die Klavikula so eingehängt ist, daß sie unmittelbar nach sechs Richtungen bewegt werden kann (weil jede Schlinge von der Ruhelage aus zwei entgegengesetzte Ausschläge hervorbringt). Die **erste** Schlinge (I) steht vertikal und besteht aus dem Levator scapulae und der unteren Portion des Trapezius (Pars ascendens). Die **zweite** Schlinge (II) steht horizontal und besteht aus den beiden oberen Portionen des Serratus anterior und der mittleren Portion des Trapezius (Pars transversa). Die **dritte** Schlinge (III) läuft schräg von hinten oben nach vorn unten und besteht aus der oberen Partie des Trapezius (Pars descendens) und dem Pectoralis minor.

Abb. 146 erläutert besser als weitläufige Beschreibungen wie genau die Richtungen der genannten Muskelportionen bei natürlicher Lage der Muskeln im Körper einander entsprechen. Da sie nur zum Teil direkt auf das Schlüsselbein wirken, zum Teil indirekt durch Vermittlung der Skapula die Klavikula bewegen, so ist die Richtung, welche der Knochen durch sie erhält, nicht bei allen identisch mit der Muskelrichtung. Die entsprechenden Ausschläge des Schlüsselbeines sind in Abb. 146 mit schwarzen Linien in die Verkehrsebene eingetragen. Es kommt hier darauf an, sich diese wichtigsten Wirkungsweisen der Muskeln auf das proximale Schlüsselbeingelenk vorzustellen, weil daraus nicht nur die Bewegungen des Schlüsselbeines, sondern im Zusammenhang damit gewisse Bewegungen der Schulter und des Armes im ganzen zu verstehen sind.

Der Trapezius gehört mit verschiedenen Teilen jeder der drei Schlingen an, der Serratus anterior zweien von ihnen; es kommt eben bei diesen Muskeln auf die Richtung der einzeln innervierbaren Muskelportionen, nicht auf die ganzen Muskelindividuen an.

Außer den drei Hauptschlingen gibt es noch Muskeln, welche deren Bewegungen unterstützen, z. B. den Sternokleido, den Pectoralis major und Subklavius, welche direkt am Schlüsselbein angreifen, und viele andere, welche durch Vermittlung der Skapula oder der Armknochen indirekt die Klavikula bewegen können.

b) Das akromiale Schlüsselbeingelenk, Articulatio acromioclavicularis.

Es enthält häufig, aber nicht immer einen Discus articularis und kann also auch zweikammerig sein. Immer ist die Distanz der Knochen beträchtlich (z. B. Abb. 96 u. a.), und zwar steht die Klavikula ein wenig höher (kranial) als das Akromion, so daß das Gelenk besonders leicht durch die Haut abzutasten ist. Mit der Distanz der Skeletteile hängt es zusammen, daß die Gelenkflächen, welche im allgemeinen elliptische Form haben, sehr wechselnd ausgebildet sind, was Größe, Zahl und Krümmung angeht. Das Gelenk verdankt seine Beweglichkeit weniger diesen Flächen, als vielmehr der Breite der Faserknorpel und Faserpolster (Diskus oder Teile eines solchen), welche in die Knochenlücke eingeschaltet sind. Es nähert sich einem Füllgelenk mit dickem Gewebskissen und wenigen Spalten, einem bei niederen Tieren häufigen Typus, welcher starke Exkursionen ermöglicht (Periarthrose, S. 58). **Abb. 147**

Ist eine gut ausgebildete Zwischenscheibe vorhanden, so kann sie dem Diskus des sternalen Schlüsselbeingelenkes ganz ähnlich sehen, obgleich es sich dort um das Rudiment eines alten Skelettstückes, hier um eine Neubildung handelt (Heterogenese). Die Funktion ist gleich. Denn auch beim akromialen Schlüsselbeingelenk ist die Bewegung tatsächlich gleich der eines Kugelgelenkes.

Die Kapsel ist verstärkt durch eingewebte Faserzüge, die besonders auf der kranialen Seite stark ausgebildet sind, Ligamentum acromioclaviculare (Abb. 147), aber auch auf der kaudalen Seite gut entwickelt sein können; diese Fasern hemmen zu starke Exkursionen nach den abgeplatteten Seiten der Knochen zu und verhindern deshalb Ausrenkungen an diesen besonders gefährdeten Stellen.

Führung des Schulterblattes auf dem Brustkorb

Die Skapula hängt an dem äußeren Ende des Schlüsselbeines und gleitet, während sie sich im akromialen Schlüsselbeingelenk bewegt, gleichzeitig auf dem Brustkorb. Ihre kostalwärts gewendete Fläche ist mit einem Muskelkissen ausgefüttert (Subskapularis und Serratus anterior). Dadurch sind die Gleitbewegungen auf dem Brustkorb trotz des Abwechselns von harten Rippen und weichen Zwischenrippenräumen gleichmäßig und geschmeidig. Schon der Luftdruck verhindert, daß das Schulterblatt vom Brustkorb völlig abgehebelt wird; denn alle Muskeln zusammen bringen nicht soviel Kraft auf, um ihn zu



überwinden, da er mit einer Kraft von etwa einem Kilo pro Quadratzentimeter, also im ganzen etwa mit dem Gewicht eines ganzen Menschen auf dem Schulterblatt lastet. Sobald aber der Knochen seitlich vom Brustkorb abgleitet, kann der Luftdruck die Haut in die Achselhöhle und gegen die Innenfläche der Skapula einpressen und dadurch den Druck partiell aufheben, der auf der Außenfläche des Knochens ruht. Man fühlt bei Verschiebungen der Skapula besonders den Angulus inferior im unteren Teil der Achselhöhle als harten Höcker. Die vertebrale Kante der Skapula wird durch die Muskeln an den Brustkorb angedrückt. Sind diese gelähmt, so steht sie flügelförmig vom Brustkorb ab und die Haut drängt sich gegen die Unterfläche der Skapula vor (Scapula alata; diese Stellung beweist bei Beginn des Armhebens eine Trapezius-, bei Fortsetzung des Hebens eine Serratuslähmung). Auch in pathologischen Fällen bleibt immer die Skapula mit dem Brustkorb in Kontakt. Luftdruck- und Muskelwirkung übernehmen bei der Skapula die Führung und Hemmung, welche in anderen Gelenken in viel höherem Grad von den Gelenkflächen und Bändern besorgt werden. Daher ist das akromiale Schlüsselbeingelenk verhältnismäßig primitiv gebaut.

Die beiden auf das akromiale Gelenk wirkenden Muskelschlingen

Stellen wir uns zunächst vor, daß das Schlüsselbein in seinem sternalen Gelenk festgestellt sei, so ist im akromialen Gelenk nur ein Pendeln des Schulterblattes um das Akromion möglich, und zwar in einer Gleitfläche, welche hinten mit der dorsalen Brustkorbwand identisch ist und seitlich in das Niveau des akromialen Endes der Klavikula fortgesetzt zu denken ist. Man kann das Schlüsselbein in diesem Falle mit dem festen Ausleger eines Rennbootes vergleichen (Abb. 140), um welchen sich das Schulterblatt wie eine Paddel dreht. Dies veranschaulicht, daß jede weitere normale Bewegung der Skapula unmöglich ist, sobald die Klavikula bricht. Das Pendeln selbst wird durch zwei Muskelschlingen besorgt, von welchen die wichtigste aus dem Rhomboides und der unteren Portion des Serratus anterior besteht (Abb. 146, IV). Besonders die kaudalen Kanten beider Muskeln bilden eine durchlaufende Linie, in welche der Angulus inferior scapulae eingeschaltet ist und welche seine Bewegungskurve darstellt, wenn er um das akromiale Schlüsselbeingelenk pendelt (Abb. 140). Diese wichtige, der Art dieser Bewegung genau angepaßte Kurve ist durch die darüber liegenden Muskeln (Trapezius und Latissimus) und durch die Haut meist gut sichtbar (Abb. 60, 87). Außerdem kommt noch die bereits beim sternalen Schlüsselbeingelenk erwähnte Muskelschlinge, welche aus dem Levator scapulae und der unteren Portion des Trapezius besteht (Abb. 146, I), auch für das akromiale Gelenk in Betracht. Ist nämlich das sternale Gelenk festgestellt, so kann diese Muskelschlinge lediglich im akromialen Gelenk bewegen und die gleiche Pendelbewegung wie die Rhomboides-Serratusschlinge hervorrufen. Der Ausschlag beträgt, wenn man den im Schultergelenk und allen Armgelenken versteiften ausgestreckten Arm als Markierungshebel benutzt, für die Rhomboides-Serratusschlinge unter günstigsten Bedingungen 52°. Wir werden sehen, daß nur ein Teil davon für die Hebung des Armes verwendet wird und dazu unentbehrlich ist. Die Levator-Trapeziusschlinge, der man früher eine große Bedeutung für das Pendeln selbst beimaß, erzielt im akromialen Gelenk höchstens 5° (dazu im sternalen Gelenk 10°, zusammen 15°); sie hat wesentlich die Aufgabe, die Skapula gegen den Brustkorb festgedrückt zu halten, wenn die Pendelbewegung zu einer Hebung des Armes benutzt wird und nun die Last des erhobenen Armes dahin wirkt, das Schulterblatt flügelförmig vom Brustkorb abzuhebeln. Sie arbeitet also beim Pendeln im akromialen Schlüsselbeingelenk in der Norm nur indirekt mit.

Von den vier Muskelschlingen sind die anderen beiden, welche beim sternalen Gelenk beschrieben wurden, für das akromiale Gelenk nicht wesentlich; umge-

kehrt bewegt die Rhomboides-Serratusschlinge hauptsächlich im letzteren, weniger im sternalen Gelenk. Nur die Levator-Trapeziusschlinge ist für beide Gelenke gleich wichtig.

Gemeinsame Wirkung der Muskelschlingen auf die beiden Schlüsselbeingelenke

In Wirklichkeit ist bei den Bewegungen der Schulter in den seltensten Fällen das sternale Schlüsselbeingelenk festgestellt, sondern es kombinieren sich mit den Pendelbewegungen des Schulterblattes im akromialen Gelenk Rotationen des Schlüsselbeins um seine eigene Achse sowie Exkursionen des akromialen Endes der Klavikula innerhalb der ovalen Verkehrsfläche, welche beim sternalen Gelenk ermittelt wurde. Es sind dann alle vier Muskelschlingen und ev. viele andere auxiliäre Muskeln gleichzeitig tätig. Der Vergleich mit dem Bootsausleger ist also nur für bestimmte Einzelfälle richtig. Denn meistens wird die Drehung des Schulterblattes gar nicht um das akromiale Ende des Schlüsselbeines stattfinden, sondern um irgend eine Stelle der Skapula selbst, welche je nach Bedarf durch die beteiligten Muskeln festgehalten wird (Abb. 141). In welcher Weise das im einzelnen geschehen kann, wurde im speziellen Teil mitgeteilt (Drehung oder Fortbewegung der Skapula S. 261 u. ff.). Liegt der Drehpunkt des Systems nicht im Akromion, sondern an einer anderen Stelle der Skapula, so verhalten sich Schlüsselbein und Schulterblatt wie ein Exzenter. Die Klavikula als Exzenterstange überträgt ihre Bewegungen auf die Skapula und umgekehrt, so daß das Resultat der Gesamtbewegung nur durch das Verhalten beider Schlüsselbeingelenke verstanden werden kann. Da verschiedene Stellen des Schulterblattes als Drehpunkt in Betracht kommen (z. B. auch der vom Akromion maximal entfernte Angulus inferior), so ist die Exzentrizität des Systems je nach den verwendeten Muskeln sehr verschieden, wie wenn bei einer Dampfmaschine verschiedene Kurbelarme und dadurch verschiedene Übersetzungen eingeschaltet werden. Hier zeigt sich besonders deutlich, wie nötig es ist, die Skelett- und Muskelteile im Zusammenhang zu betrachten. Denn die Führung des Mechanismus ist wesentlich muskulös, wenn sie auch an die Ausschlagsbreite der Gelenke und die Wirkung des Luftdruckes gebunden ist. Unser Organismus verdankt dieser Muskelführung eine ungeheure Mannigfaltigkeit der Schulterbewegungen trotz relativ einfacher Apparate, während in der Technik nur durch sehr komplizierte Maschinen ähnliches zu erreichen wäre.

Dem stehen in unserem Körper die Nachteile gegenüber, welche durch Schädigungen der Muskeln für den ganzen Mechanismus entstehen. Da für das Schultergelenk das gleiche gilt, wird erst bei den Gesamtbewegungen der Schulter auf diesen Punkt näher einzugehen sein. Gelenke mit Knochen- und Bänderführung sind weniger mannigfaltig in ihren Leistungen als diejenigen mit vorwiegender Muskelführung, aber auch durch Lähmungen oder Zerreißungen der Muskulatur weniger gefährdet.

Bewegungen des Schulterblattes um eine vertikale und um horizontale Achsen

Im speziellen ist darauf zu achten, daß bei gleichzeitiger Bewegung der beiden Schlüsselbeingelenke zweierlei Modifikationen gesondert oder kombiniert vorkommen. Erstens kann sich der kleidoskapulare Winkel ändern (Abb. 150b). In diesem Fall dreht sich die Skapula im akromialen Gelenk um eine vertikale Achse (Gesamtausschlag 42—50°). Wird der Winkel größer, so sieht die Gelenkfläche der Skapula für den Humerus mehr nach vorn, wird er kleiner, so sieht sie mehr nach außen. Das Schulterblatt unterstützt auf diese Weise Bewegungen des horizontal stehenden Humerus nach vorn oder nach hinten. Es ist festgestellt worden, daß wesentlich die untere Portion des Serratus anterior die Gelenkfläche der Skapula so dreht, wie es der Vergrößerung des kleidoskapularen Winkels entspricht. Der ganze Trapezius wirkt ebenso, aber nur der untere Teil aus eigenen Kräften; die übrigen Teile des Trapezius erreichen das gleiche, indem sie den elastischen (passiven) Zug des unteren Serratus freigeben. Alle übrigen Bestandteile der vier Muskelschleifen verkleinern den kleidoskapularen Winkel. Auch hier können zahlreiche auxiliäre Muskeln im einen oder anderen Sinne mitwirken.

Die zweite Modifikation ist die Bewegung der Skapula um eine horizontale Achse. Diese kann in einer Frontalebene liegen; dann schwingt der Angulus inferior des Schulterblattes in dorsoventraler Richtung. Oder die Achse kann in einer

Sagittalebene liegen; dann schwingt der Angulus in mediolateraler Richtung. Zwischen diesen beiden Extremen gibt es alle Übergangsstellungen der horizontalen Achse. Die Beteiligung der Muskeln ist entsprechend kompliziert, aber für jeden Einzelfall aus Lage und Richtung bestimmbar.

Ligamentum coracoclaviculare (Lig. trapezoides, Lig. conoides)

In der Nähe des akromialen Schlüsselbeingelenkes, aber anatomisch völlig von ihm getrennt, liegt das **Ligamentum coracoclaviculare** (Abb. 148). Wir besprechen es hier, weil ohne diesen Bandapparat keine Beweglichkeit des genannten Gelenkes möglich wäre. Nur dadurch, daß das Gewicht des Armes durch die Bandverbindung der Klavikula mit dem Korakoid von diesem und nicht vom Akromion getragen wird (Abb. 149), ist das akromiale Schlüsselbeingelenk genügend entlastet. Der Bandapparat ist infolgedessen immer besonders stark. Er zerfällt in zwei Teile, das **Ligamentum trapezoides** und **Lig. conoides**. Sie schließen ursprünglich den M. subclavius zwischen

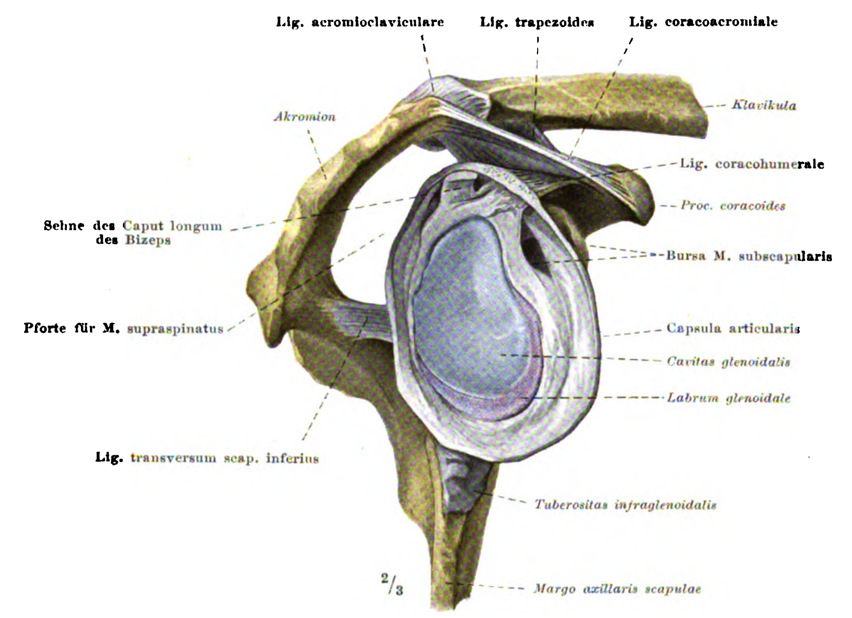


Abb. 147. **Pfanne und Dach des Schultergelenkes.**

sich, der aber gewöhnlich so reduziert ist, daß er schon vor dem Bandapparat aufhört (Abb. 148). Der Zwischenraum ist dann mit Fett gefüllt. Man gelangt in der Richtung des Muskels fortschreitend am sichersten in ihn hinein. Das Lig. conoides liegt nach hinten, es ist dreieckig; seine Spitze sieht nach dem Proc. coracoides zu, die Basis ist an der Klavikula befestigt. Das Lig. trapezoides steht quer zur Achse der Klavikula, so daß man von vorn auf seine Kante sieht. Seine wirkliche Fläche wird erst sichtbar, wenn die Nische zwischen ihm und dem Lig. conoides ganz ausgeräumt ist.

Das Schutzdach des Schultergelenkes

Das **Ligamentum coracoacromiale** (Abb. 147, 148) ist ebenfalls ohne direkte Beziehung zu einem der benachbarten Gelenke; seine biologische Bedeutung führt uns über zum Schultergelenk. Das Band stellt eine derbe Verbindung zwischen Processus coracoides und Akromion her. Beide Knochenvorsprünge mit der Bandmasse zusammen sind ein osteofibröses Schutzdach für das Schultergelenk; das Dach springt so weit vor, daß der Gelenkkopf des Humerus von oben her gedeckt wird. Unter ihm schlüpft die Sehne des M. supra-

spinatus durch, um das Tuberculum majus des Humerus zu erreichen (Abb. 103). Zwischen Humeruskopf und Schulterdach wird durch die Bursa subacromialis ein Kissen eingeschaltet (Abb. 130), welches bei Hebung des Armes in irgend einer Richtung ähnlich einem Gelenk funktioniert. Der Humeruskopf artikuliert also nicht nur an der Pfanne der Skapula, sondern auch an dem Schulterdach. Bewegungen des Armes im Schultergelenk können die Horizontale nicht wesentlich überschreiten, da der Humerus bei Elevation gegen das vorspringende Dach des genannten osteofibrösen Apparates anstößt und gehemmt wird. In der Regel ist die untere Partie der Gelenkkapsel des Schultergelenkes so kurz, daß die Bewegung des Humerus gehemmt wird, ehe der Anschlag am Schulterdach erfolgt. Wird jedoch die Kapsel überdehnt, so bietet das Schutzdach immer noch eine Hemmung (doppelte Sicherung).

Ligamentum transversum scapulae superius (et inferius)

Man zählt zu den „Bändern der Skapula" außer dem Lig. coracoacromiale auch noch ein Lig. transversum scapulae superius und ein Lig. transversum scapulae inferius, von welchen das letztere inkonstant ist. Beide haben mit dem Bewegungsapparat nichts zu tun. Sie bilden ligamentöse Brücken über Durchlässen von Nerven und Gefäßen. Das obere Band überquert die Incisura scapulae am Margo superior des Knochens (Abb. 148); es kann verknöchert sein und umscheidet dann statt der Inzisur ein Foramen. Eine Gefäßnervenstraße führt von dieser Stelle dem muskelfreien Collum scapulae entlang in die Fossa infraspinata (S. 239); sie wird bei vielen Individuen außerdem an der Basis der Spina scapulae vom Lig. transversum scapulae inferius überspannt (Abb. 147).

c) Das Schultergelenk, Articulatio humeri.

Form und Stellung des Gelenkkopfes, Abb. 96, 130, 147, 149

Es ist das ausgeprägteste Kugelgelenk unseres Körpers. Der Kopf des Oberarmknochens ist vom Schaft aus medialwärts gerichtet und liegt deshalb so zwischen den Muskeln versteckt, daß man ihn durch die Haut von außen nicht sehen oder fühlen kann (Abb. 96).

Der einzige Zugang besteht von der Achselhöhle aus, wenn man mit der Fingerkuppe längs dem Margo axillaris des Schulterblattes und des Musc. subscapularis vordringt; der Ellenbogen muß dabei möglichst dem Rumpf genähert sein, damit die Haut und Muskeln erschlaffen. Indirekt ist der Humeruskopf an der Stellung des Tuberculum majus zu erkennen, welches dem Kopf gegenüber steht und also bei der typischen Ruhelage des Armes genau nach außen gerichtet ist. Die Wölbung des Margo deltoides beruht zum großen Teil auf der Unterfütterung durch diesen Knochenvorsprung. Bei Luxation des Humeruskopfes nach innen verschwindet deshalb die Deltoideswölbung.

Der überknorpelte Gelenkkopf des Humerus ist bei massigen Knochen ziemlich genau eine halbe Kugel, bei grazilen Knochen etwas länger als breit. Die Halbkugel wird durch alle Muskeln, die am oberen Ende des Knochens inserieren, so gehalten, daß die Drehung um das Kugelzentrum stattfinden kann (letzteres liegt in der Tiefe, Abb. 130; die Stelle projiziert sich in der Ansicht von vorn gerade auf das Tuberculum minus). Der Kopf rollt unter der Wirkung dieser Muskeln in der jeweiligen Bewegungsebene um den zentralen Drehpunkt wie ein Rad um seine Achse. Aber der Umfang des Kopfes gleitet auf der Pfanne nicht wie ein Wagenrad, welches sich frei vom Boden abwickelt, sondern welches sich dreht und zugleich rutscht, z. B. beim Fahren auf Glatteis („Drehgleiten").

Mißverhältnis von Kopf- und Pfannengröße

Die überknorpelte Fläche der Skapula, Cavitas glenoidalis, ist klein im Verhältnis zur Größe des Kopfes. Obgleich die Pfanne durch einen biegsamen faserknorpeligen Reifen, der sich den Rändern des Knochens anschmiegt, Labrum glenoidale (Abb. 147), vergrößert ist, kommt bei vollem Kontakt nur $^1/_3$ der Fläche des Humeruskopfes mit der Pfanne in Berührung.

Die überstehenden Teile des Kopfes liegen nicht der Pfanne, sondern der Kapsel an. Die Bewegung im Schultergelenk wird dadurch sehr frei;



allerdings balanciert auch die Kugel auf der kleinen flachen Pfanne entsprechend lose. Da die Kapsel sehr weit sein muß, um der Drehung des Kopfes genügenden Spielraum zu geben (sie ist bei manchen Individuen so weit, daß zwei Humerusköpfe in ihr Platz haben würden), so ist die ganze Festigkeit des Gelenkes den Muskeln übertragen. Man sieht auf Abb. 103, wie genau die beteiligten Schultermuskeln den Knochen umfassen und eine adäquate Hohlform für ihn bilden. Solange ihr Mechanismus intakt ist — aber auch nur dann — ist ein Abgleiten des Kopfes von der Pfanne unmöglich. Die Gefahr liegt darin, daß Muskeln

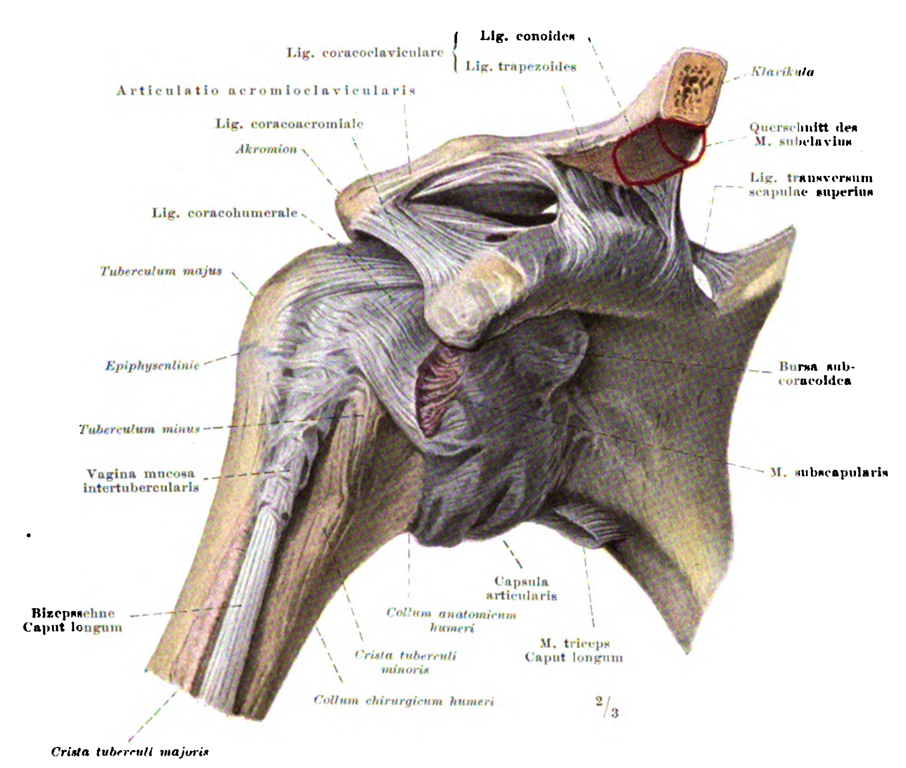


Abb. 148. Schultergelenk von vorn. Schlüsselbein durchsägt und in die Höhe gehoben. Humerus ein wenig abduziert (Falten der Kapsel und der Vagina mucosa intertubercularis sind für diese Stellung typisch). Das distale Ende des M. subclavius ist als roter Kontur eingetragen.

überrumpelt werden können, wenn die Beanspruchung des Gelenkes unerwartet geschieht.

Der größte Längsdurchmesser der Pfanne deckt bei herabhängendem Arm ziemlich genau die untere Hälfte des ihm anliegenden senkrechten Kreissegmentes des Kopfes, ihr Querdurchmesser nur knapp ein Drittel des ihm entsprechenden horizontalen Kreissegmentes.

Beim Aufstellen von mazerierten Knochen zu einem Skelett wird herkömmlicherweise der Humerus mit Ösen drehbar an der Cavitas glenoidalis befestigt. Die Drehung findet dann um den betreffenden Punkt der Oberfläche des Kaput statt, an welchem die Öse sitzt. Die Bewegung in unserem Körper ist aber ganz anders, da bei allen Bewegungen sämtliche Punkte des Kaput gegen die Pfanne gleiten, weil der Drehpunkt nicht auf der Oberfläche, sondern im Zentrum der Kugel liegt (Abb. 130). Bei Gelenkpuppen ist das viel natürlicher wiedergegeben, besonders an den von Künstlern benutzten Gliederpuppen. Für die Orthopädie beruht die Hauptschwierigkeit, fehlerhafte Stellungen des Schultergelenkes zu korrigieren, gerade darauf, daß der Drehpunkt zentral im Knochen liegt. Das läßt sich durch

Apparate nicht nachahmen außer bei einem vollkommenen Ersatz (Kunstarm). Soll ein defektes Schultergelenk unterstützt werden, so ist dies bloß durch periphere Scharniere möglich; diese schränken aber durch ihre Lage die natürlichen Bewegungsmöglichkeiten ganz erheblich ein. Es kann wohl ein Punkt der Oberfläche des Gelenkkopfes feststehen, wenn sich nämlich der Kopf um diese Stelle wie der Kreisel um seine Spitze dreht. Solche Bewegungen sind möglich, sind aber wohl zu unterscheiden von Rotationen des Armes um seine Längsachse (S. 284).

Die Cavitas glenoidalis hat ca. 6 qcm Fläche und trägt deshalb durch Luftdruckwirkung ungefähr ebenso viele Kilo, während der im Schultergelenk abgelöste Arm mit allen Weichteilen nicht ganz halb soviel wiegt. Der Luftdruck ist aber nur imstande die Last des Armes zu tragen, solange die Muskeln am Platze sind und ihren Tonus besitzen. Präpariert man bei der Leiche die Muskeln ab, so wird die weite Kapsel so verschieblich, daß der Kopf nicht mehr in der Pfanne haftet, auch wenn die Kapsel nicht verletzt ist; bei Muskellähmungen erfolgt ähnliches („falsche“ Luxation). Bei normalen Muskeln in situ nimmt der Luftdruck der Muskulatur ganz die Last des hängenden Armes und sogar das Gewicht einer kleinen Traglast ab, so daß in dieser Haltung keine Ermüdung eintritt. Die Muskeln haben außerdem die Aufgabe, zu verhindern, daß die Kapsel Falten gegen das Innere des Gelenkes hin bildet. Das ist beim Schultergelenk besonders hervorzuheben, weil die Kapsel so weit und deshalb faltenreich ist (Abb. 130, 148). Durch gleichzeitige Insertion der Muskeln, welche den Knochen bewegen, an der Kapsel, wird automatisch jede entstehende Falte nach außen vom Gelenkinnern weggerichtet (S. 238). Sind Muskelansätze zerrissen und schiebt sich bei Bewegungen eine Falte in den Gelenkspalt, so kann vorübergehende Luxation die Folge sein. Es gibt Leute, welche willkürlich den Schulterkopf aus- und einrenken können.

Elevation lediglich durch den Schultergürtel bedingt

Als Hemmungen für das Gelenk wirken diejenigen Teile der Kapsel, welche besonders kurz sind. Läßt man den Arm in einer Ebene schwingen, welche der Fläche des Schulterblattes bei ruhig herabhängendem Arm entspricht (Skapularebene), so kann man ihn im Schultergelenk bis zur Horizontalen heben (individuell noch ein wenig höher); die Hand des gestreckten Armes steht dann schräg nach vorn außen. In dieser Stellung ist die untere Partie der Kapsel maximal gespannt. Wird sie überdehnt, so ist das Schulterdach (Akromion, Proc. coracoid. und Lig. coracoacromiale) ein weiteres Hindernis, das in Reserve steht. Man überzeuge sich am eigenen Körper durch Fixierung des unteren Winkels des betreffenden Schulterblattes, welche man mit der Hand der anderen Körperseite durch die Haut leicht ausführen kann, daß jeder Versuch, den Arm aus dieser Stellung über die Horizontale zu heben (Elevation), zu einer Drehung der Skapula führt. Die Hebung des Armes wird dann nicht mehr vom Humerus im Schultergelenk, sondern vom Schultergürtel ausgeführt (Skapula und Klavikula, Abb. 141). Eine wesentliche Elevation im normalen Schultergelenk ist nach keiner Richtung möglich. Ja, es beteiligt sich gewöhnlich der Schultergürtel infolge einer uns unbewußten nervösen Muskelführung schon an den Bewegungen des Armes lange, ehe die Horizontale erreicht ist; das Schultergelenk macht dann weniger, als es kann.

Hemmung durch das Ligamentum coracohumerale

In allen anderen Ebenen als der Skapularebene ist die Kapsel des Gelenkes kürzer, und deshalb tritt in ihnen die Hemmung früher ein. Man kann das an sich selbst kontrollieren, indem man rein nach vorn, nach außen oder hinten zu heben versucht (Anteversion, Abduktion, Retroversion), ohne den mit der Hand fixierten Angulus scapulae und das im Spiegel sichtbare Schlüsselbein zu verschieben. Man wird finden, daß eine reine Retroversion im Schultergelenk überhaupt nicht möglich ist. Von der reinen Abduktionsbewegung, welche nicht ganz, aber fast bis zur Horizontalen führt, nimmt die Exkursion stufenweise ab, wenn man den Arm anstatt nach außen nach hinten zu heben sucht. Dies beruht auf einer besonderen Kürze der vorderen oberen Kapselwand. Hier besteht ein Hemmungsband, das Ligamentum coracohumerale, welches selbständig am Processus coracoides (unter dem Ansatz des Lig. coracoacromiale) in individuell wechselnder Weise entspringt und dann, ein-

gewebt in die Kapselwand, hauptsächlich zum Tuberculum majus, oft auch zum Tuberculum minus verläuft (Abb. 148). Das Band deckt gerade diejenige Stelle, unter welche sich im Inneren des Gelenkes die Sehne des langen Bizepskopfes schiebt (Abb. 147); es festigt zugleich die Kapsel gegen Abhebelungen jener Sehne vom Knochen. Da das Lig. coracohumerale nicht regulierbar ist, so bestimmt seine Länge absolut den Ausschlag der Retroversion und Adduktion; es kann sogar individuell so kurz sein, daß der herunterhängende Arm ein wenig in Abduktion steht. Versucht man den Arm vor oder hinter dem Rumpf vorbei zu adduzieren, so ist das Schultergelenk durch jenes Ligament erst recht gehemmt; denn es entfernt sich dabei das Tuberculum majus vom Korakoid. Diese Bewegung wird also durch den Schultergürtel allein ermöglicht (wie die Elevation).

Hemmung durch Muskeldehnungen

Alle Bewegungen nach vorn (reine Anteversion und Zwischenstellungen zwischen Anteversion und Abduktion) werden durch solche Teile der Kapsel beeinträchtigt, welche nicht durch Bänder, sondern durch die Sehnen der Außenrotatoren verstärkt sind (Abb. 103). Sie sind je nach dem Spannungszustand jener Muskeln regulierbar. Je mehr sich der Arm in Anteversion stellt, um so mehr werden der Infraspinatus und Teres minor gedehnt, so daß in dieser Richtung gewöhnlich die Horizontale nicht so leicht erreicht wird wie bei Hebung in schräger Richtung. Nie erreicht der Humerus in der Norm, wenn er nach vorn gehoben wird, den Hakenfortsatz. Doch steht dieser als Anschlag bei übermäßigen Dehnungen der Kapsel in Reserve.

Verschiebt sich der Humeruskopf über die gewöhnlichen Anschläge hinaus, so muß die Muskulatur auf der entgegengesetzten Seite geschädigt sein. Luxationen ohne Zerreißungen der Sehnen sind nicht möglich. Die Verrenkung des Schultergelenkes nach vorn ist am häufigsten. Der Kopf steht dann unter dem Hakenfortsatz. Dabei reißt mindestens die Sehne des Supraspinatus; die über ihr liegende Bursa subacromialis tritt in Verbindung mit dem Gelenk. Das ist nur in pathologischen Fällen möglich, da in der Norm Gelenk und Schleimbeutel — seltene Ausnahmen abgerechnet — durch die Sehne vollkommen getrennt und voneinander unabhängig sind (Abb. 130). — Verschiebungen des Kaput gegen das Schulterdach zu werden vor Berührung mit diesem auch durch die Kontraktion des Bizeps und durch die lange Bizepssehne gehemmt, da diese durch die Kapsel hindurch über den Gelenkkopf hinwegzieht (Abb. 170).

Drehachse des Armes (Rotation) und Schaftachse des Humerus

Wenn sich der Arm im Schultergelenk um seine Längsachse dreht, Rotation, so folgt gewöhnlich die Achse nicht der Schaftachse des Humerus, sondern sie geht vom Drehpunkt des Caput humeri durch den Ansatz des Radius und weiter durch den Griffelfortsatz der Ulna (Abb. 149). Das ist die gleiche Achse, um welche sich am Unterarm die Pronation und Supination vollziehen (Diagonalachse, siehe Unterarm). Um zu unterscheiden, ob die Bewegung im Unter- oder Oberarm geschieht, beugt man den Unterarm im Ellenbogen. Jede Rotation im Schultergelenk ist dann durch den Hebelausschlag des Unterarms unverkennbar (während nur bei Pro- und Supination des Unterarmes der Hebelausschlag ganz unterbleibt). Bei gestrecktem Arm gehen beide Arten von Bewegungen weniger merkbar ineinander über. Der Humeruskopf würde sich, wenn er in der Verlängerung der Längsachse des Armes läge, bei der Rotation um einen Punkt seiner Oberfläche wie ein Kreisel um seine Spitze drehen. Da er aber schräg zu der Achse angesetzt ist, so findet ein Drehgleiten im Gelenk ähnlich bei allen übrigen Bewegungen statt. Die Gelenkkapsel erlaubt bei herabhängendem Oberarm eine Rotation von ca. 90°, d. h. der im Ellenbogen gebeugte Vorderarm beschreibt ungefähr einen Kreisquadranten. Wird die Bewegung ausgiebiger, so sind Gelenke des Schultergürtels beteiligt.

Gelenkkapsel und Gelenkhöhle

Der Ansatz der Schultergelenkkapsel am Skelett folgt am Schulterblatt dem äußeren Rand des Labrum glenoidale. Der Ansatzpunkt der Sehne des langen Bizepskopfes, Tuberculum supraglenoidale, liegt innerhalb der

Kapsel; der Ansatzpunkt des langen Trizepskopfes, Tuberculum infraglenoidale, bleibt außerhalb (Abb. 147). Die Kapselwand umfaßt entweder die ganze Dicke des Labrum oder dieses springt mit seinem distalen Rand etwas in den Gelenkraum vor. Synovialzotten und -falten, die von der Innenwand der Kapsel ausgehen, tun das letztere (Abb. 130). Am Humerus ist die Kapsel so befestigt, daß die beiden Tuberkula außerhalb des Ansatzes gelegen sind (Abb. 148). Die Befestigungslinie entspricht dem Collum anatomicum des Humerus. Bei herabhängendem Arm legt sich die Kapsel nach der Achsel-

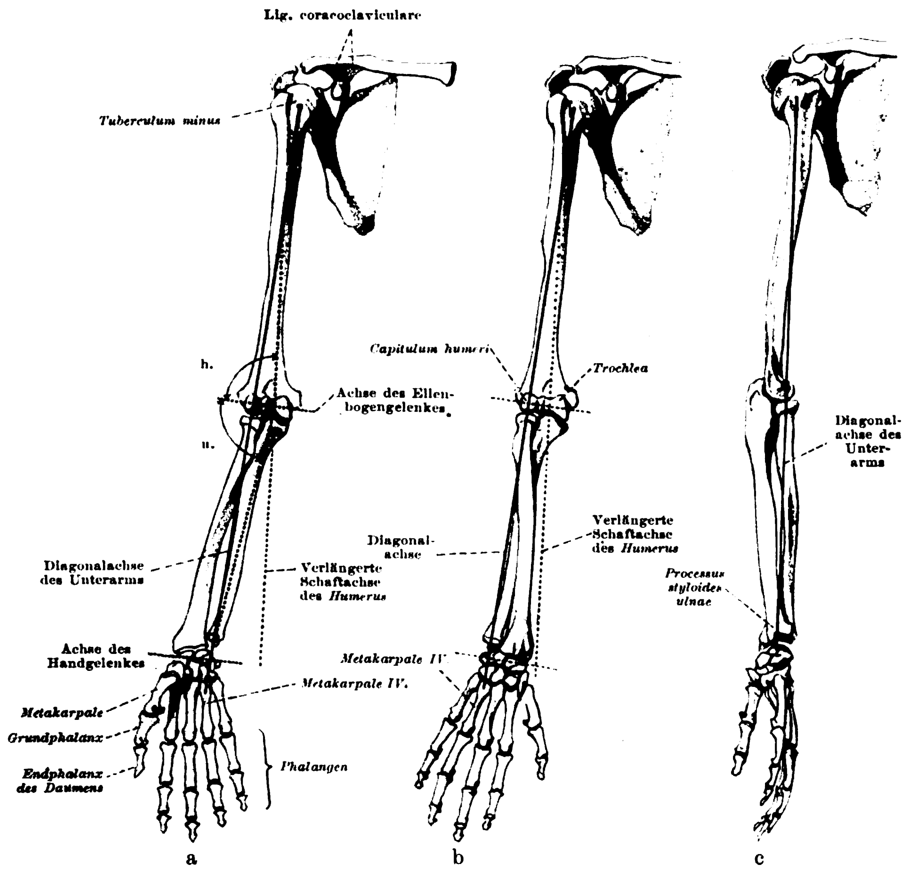


Abb. 149. Drehachse des Armes für Rotationen im Schultergelenk (zugleich Diagonalachse des Unterarmes für Pro- und Supination). a) Supinationsstellung des Unterarmes, b) Pronationsstellung desselben, c) „Hyperpronation" des ganzen Armes.

höhle zu in eine typische Falte, Recessus axillaris (Abb. 130: der Nervus axillaris liegt in unmittelbarer Nähe). Sie erfordert bei völliger Ausrottung der Gelenkkapsel (Totalexstirpation z. B. bei Tuberkulose) besondere Beachtung. Bei erhobenem Arm verschwindet die Falte.

Die Gelenkhöhle ist als Raum nur potentia vorhanden. Ein normales Gelenk enthält gerade so viel Synovia, daß die Gelenkflächen ohne Reibung glitschen, aber dabei fest aneinander liegen und daß die Kapselwand lückenlos dem Skelett angeschmiegt ist.

Die knorplige Epiphysenlinie des Humerus steht nicht so schräg zur Längsachse des Knochens wie die Ansatzlinie der Kapsel. Sie liegt medial an einer

kleinen Stelle innerhalb der Kapsel, sonst außerhalb (subperiostal, Abb. 148). Eiterungen, die von der Epiphysenplatte oder deren Resten ausgehen (Osteochondritis syphilitica) ergreifen deshalb, wenn sie medial lokalisiert sind, auch das Gelenk. Denkt man sich den Knochen an der Stelle seines größten Querschnittes zersägt, so entspricht die Fläche etwa der Epiphyse. Sie liegt in der Mitte zwischen Collum anatomicum und Collum chirurgicum. Die drei Knochenkerne für das Caput humeri, Tuberculum majus und minus verschmelzen etwa im 5. Lebensjahr; dieser Komplex bleibt bis zum 20. Lebensjahr durch die Epiphysenplatte vom Schaft getrennt. Knorpelreste findet man viel länger.

Der Schleimbeutel der Bizepssehne

Das Schultergelenk hat außer der wandelbaren Achselbucht in der Regel zwei Seitenkammern. Immer ist eine röhrenförmige Fortsetzung der Gelenkhöhle längs der Bizepssehne vorhanden, Vagina mucosa intertubercularis (Abb. 148). Sie ist innerhalb des knöchernen Sulcus intertubercularis des Humerus vom Knochen selbst und straffen, die Rinne überbrückenden Fasern gebildet. Dieser, von einer glatten Intima ausgekleidete osteofibröse Kanal läßt die Sehne des langen Bizepskopfes hin und her gleiten und gibt ihr die Führung, so daß sie nicht seitlich von der Kugel abgleiten kann. Die Fasern des Lig. coracohumerale benutzen sehr oft das fibröse Dach des Kanals als Ansatz und erreichen so auch das Tuberculum minus. Das distale Ende des Kanals geht in eine sehr zarte, leicht bewegliche Röhre über, eine Fortsetzung der Intima des Gelenkes. Sie ist an ihrem Ende ringsum mit der Sehne des Bizeps verwachsen. Es kann also keine Synovia aus dem Gelenk austreten. Bei Bewegungen im Schultergelenk geht die dünnwandige Endpartie der Röhre wie ein in- und auseinander verschiebbares Perspektiv hin und her und gibt dadurch erst den nötigen Spielraum.

Man braucht bloß am Gelenkpräparat mit der Pinzette die Sehne bei dem Austritt aus der osteofibrösen Röhre zu fixieren, um sich zu überzeugen, daß dann die Bewegung des Humerus gegen die Skapula gehemmt ist. Die natürliche Doppelaufgabe, einen Abschluß zu bilden und doch Spielraum für die Bewegungen im Schultergelenk zu lassen, ist durch die Art der Befestigung der Vagina an der Bizepssehne vollkommen gelöst.

Eiterungen setzen sich mit Vorliebe in der Vagina intertubercularis dem Humerus entlang fort und sind dort bei Palpation durch den Deltamuskel hindurch an der Schmerzhaftigkeit am frühesten zu erkennen. Da der Sulkus durch sein fibröses Dach in die Höhe der Tuberkula einnivelliert ist, kann man ihn als Rinne nicht fühlen.

Bremswirkung der Seitenkammern des Gelenkes

Die andere Seitenkammer ist nicht konstant, aber doch meist mit dem Gelenk in Verbindung. Es ist die Bursa musculi subscapularis (Abb. 147), welche unter dem oberen Rand der Sehne des gleichnamigen Muskels liegt und meist mit einem zweiten Schleimbeutel, Bursa subcoracoidea, an der Wurzel des Hakenfortsatzes (Abb. 148) kommuniziert. Die Einmündung in das Gelenk (Abb. 147) liegt sehr weit oben und vorn, vor der Bizepssehne, oft zwischen Synovialzotten versteckt. Der Seitenraum ist von der schlitzförmigen, oft sogar fingerkuppengroßen Öffnung an etwa 2 cm tief. Doch kommen viele Variationen vor, auch in der Beziehung der beiden ursprünglich getrennten Schleimbeutel zueinander und zum Gelenk. Diese Anhänge des Gelenkes sind imstande, bei plötzlichen Stößen und vor allem bei Vermehrung der Gelenkflüssigkeit den Überschuß aufzunehmen und dadurch die Gewalteinwirkung auf die Gelenkflächen zu bremsen.

Diese Aufgabe fällt der engen Vagina intertubercularis allein zu, wenn nur sie mit dem Gelenk kommuniziert.

Sammelt sich in pathologischen Fällen viel Gelenkflüssigkeit an, so wächst damit die Gefahr einer Sprengwirkung plötzlicher Stöße. Der Arm kann durch einen Erguß in das Gelenk länger erscheinen als der gesunde (bis $1^1/_4$ cm).

Bewegende Muskeln

Für die Bewegungen im Schultergelenk kommen unmittelbar neun Muskeln in Betracht, deren Insertionen am Humerus befestigt sind (Tabelle S. 231, Nr. 1 bis 8 und 10), mittelbar auch diejenigen, welche am Schultergürtel und Unter-

arm angreifen und deren Fernwirkung sich am Schultergelenk äußern kann. Wir besprechen im folgenden Abschnitt die Hauptbewegungen im Zusammenhang mit denen der Schulter im ganzen.

5. Der Brustschulterapparat als Ganzes in Ruhe und Bewegung.

Die beiden Schlüsselbeingelenke und das Schultergelenk sind drei Glieder eines Systems, dessen Haltung und Verschiebung für die Lage des Armes in der Ruhe und Bewegung von größter Wichtigkeit ist. Die drei Glieder beeinflussen sich beständig; der Arm ist zwar durch das Schultergelenk nur mit dem Schulterblatt verbunden, wird aber durch jede Lageveränderung des Schlüsselbeins oder des Rumpfes mitdirigiert. Isolierte, für die freie Extremität unverbindliche Lagen oder Bewegungen des Schultergürtels gibt es nicht; immer äußern sie sich am Arm. Da dieser das wesentliche Ziel für die Ausnutzung der Bewegung und zur Ablesung derselben besonders geeignet ist, so beschäftigen wir uns mit seinen durch den Brustschulterapparat bedingten Haltungen und Bewegungen. **Verkehrsraum der drei Gelenke des Brustschulterapparates**

Infolge der Rundung des Brustkorbes wird der Humerus nie mit beiden Enden gleichzeitig die Brustwand berühren. Beim normalen Schultergelenk kann nur der Ellenbogen in Kontakt mit der Brustwand kommen. Ist bei luxiertem Schultergelenk der Kopf des Humerus in Kontakt mit ihr, so muß der Ellenbogen von ihr abstehen, ein charakteristisches Merkmal für die Schulterverrenkung.

Das distale Ende des Humerus (oder die Hand bei steifgehaltenem, gestrecktem Arm) wird im freiesten der drei Gelenke, dem Schultergelenk, mit drei Graden der Freiheit bewegt. Man denke sich eine Kugelschale, in deren Zentrum der Oberarmkopf liegt; die Hand am Ende des versteiften Armes vermag die Innenfläche der Kugel abzutasten, soweit die Hemmungen im Gelenk es erlauben. Sie ist auf dieser Bahnkugel flächenläufig (2 Grade der Freiheit); außerdem ist sie in jeder Stellung um die eigene Achse im Schultergelenk drehbar (3. Grad der Freiheit). Durch die beiden Schlüsselbeingelenke kommt die Möglichkeit hinzu, sich frei im Raume zu bewegen, raumläufig; denn das Ende des gestreckten Armes kann innerhalb gewisser Grenzen die vom Schultergelenk vorgeschriebene Bahnkugel verlassen und jeden beliebigen Punkt außerhalb und innerhalb jener Ebene erreichen: Verkehrsraum der drei Gelenke des Schulterapparates.

Durch die übrigen Gelenke des Armes und der Hand wird die Größe des zugemessenen Raumes für die ungehemmte Bewegungsfreiheit gesteigert. Sie schaffen zwar nichts prinzipiell Neues, erweitern aber, wie wir später sehen werden, den Spielraum, welchen der Brustschulterapparat gibt, nach dem Innern der Bahnkugel des Schultergelenkes hin ganz beträchtlich.

Beim Verkehrsraum des Brustschulterapparates tritt so recht hervor, daß unmöglich ein Muskel allein imstande und verantwortlich ist für eine bestimmte Lage oder Verlagerung. Je nach der verschiedenen Stellung der Glieder des Systems greifen verschiedene der zahlreichen bereit stehenden Muskeln ein, so daß das Einzelgetriebe immer nur im Zusammenhang des Ganzen zu verstehen ist. Meistens sind bei ganz einfachen Armbewegungen, die von der Schulter ausgehen, zahlreiche Muskeln oder Teile von solchen gleichzeitig beteiligt; es stehen außer den jeweils verwendeten andere in Reserve, welche jederzeit unterstützend oder vertretend eingreifen können. Nicht entfernt für alle Möglichkeiten läßt sich hier auseinandersetzen, wie die Bewegungsmaschine von Fall zu Fall arbeitet. Indem wir nur die wichtigsten Punkte besprechen und dabei auch die Veränderungen des Apparates hervorheben, welche durch Ausfall einzelner Glieder (Lähmungen von Muskeln) wie in einem Experiment zustande kommen, ist ein Schema aufgestellt, nach welchem auch für die übrigen **Anwendung der Linienschemata Abb. 128 und 129 (S. 286)**



Fälle verfahren werden kann. Wer die Form und Lage der Muskeln im einzelnen kennt und wer sie am Lebenden festzustellen vermag, wird aus der natürlichen Richtung der Fasern in den verschiedenen Stellungen des Gliedes schließen können, welche Wege dem Willen zur Verfügung stehen (Abb. 128, 129). Die Muskelrichtungen verhalten sich wie Straßen auf einer Landkarte, auf denen an sich eine Bewegung stattfinden kann. Bevorzugt werden die direktesten und gangbarsten Wege, aber auch Um- und Seitenwege führen zum Ziel. Nicht immer sind alle Wege, welche auf ein bestimmtes Ziel gerichtet sind, auch ohne weiteres gangbar. Die Gelenke und Bänder greifen hier ein wie Geleise und Blockierungen, die gewisse Richtungen begünstigen und andere verschließen. Unter diesem Bilde läßt sich jede Bewegung unseres Körpers verstehen; am leichtesten aber ist es zur Zeit auf den Brustschulterapparat anwendbar, so daß uns dieser zugleich als Beispiel für andere weniger genau erforschte Körperregionen dient.

Für die wissenschaftliche Forschung genügt es nicht, sich aus der Richtung der Muskeln und aus der Form der Gelenke und Bänder klar zu machen, wie bestimmte Bewegungen, welche man beobachtet, zustande kommen. Eine endgültige Lösung findet jedes Teilproblem erst durch Nachahmung der Bewegung im Modell und durch methodische Ausschaltung der einzelnen Komponenten im Natur- oder Tierexperiment.

Es gibt bekanntlich auch Bewegungen der Schulter, bei welchen der Arm nur mitgenommen wird, z. B. Achselzucken, Vor- und Rückwärtsschieben der Schulter. Sie sind hier nicht im einzelnen analysiert, weil sie weniger wichtig sind als die Armbewegungen. Bei den einzelnen Muskeln ist das Nähere darüber zu ersehen.

Die Schulter beim ruhig herabhängenden Arm

In der normalen Ruhelage des herabhängenden Armes trägt das Skelett den Arm ohne Beteiligung der Muskulatur. Man kann alle Muskeln, insbesondere den Trapezius und das akromiale Gelenk zerschneiden, es bleibt doch das Schlüsselbein annähernd horizontal stehen, weil der Bandapparat seines sternalen Gelenkes (Lig. sternoclaviculare und interclaviculare) genügenden Widerstand bietet. Außerdem bleibt der Arm mit dem Schulterblatt in seiner Lage, weil er vom Lig. coracoclaviculare getragen wird (Abb. 149).

Aber alle feineren Regulationen der Ruhelage fallen doch der Muskulatur zu, vor allem dem Trapezius. Wird die Schulter belastet, so reicht bei stärkeren Gewichten der passive Apparat nicht aus und die Pars descendens des Trapezius muß das Fehlende ersetzen. Aus diesen Gründen ist die Ruhelage bei Ausfall des Trapezius (Lähmung) meistens in sehr charakteristischer Weise gestört. Der Pectoralis major und Serratus anterior bekommen das Übergewicht und führen das Schlüsselbein nach vorn, so daß es die Brusthaut vordrängt. Das Gewicht des Armes zieht in der gleichen Richtung und nach unten; doch folgt dem die Klavikula nur dann, wenn das Schlüsselbein der anderen Körperseite entsprechend in die Höhe steigt und das Brustbein schief gestellt wird (Abb. 145a).

Die Schulter im ruhigen Liegen

Liegt der Mensch auf dem Rücken, so ist die Ruhelage eine andere, da dann die beiden Schlüsselbeine durch das Gewicht der Schultern nicht rein nach hinten, sondern gleichzeitig auf der schrägen Ebene des ersten Rippenpaares kopfwärts geführt werden (Abb. 117, Nr. 3). Die Schultern stehen gehoben wie beim Achselzucken.

Daher ist bei der Leiche im Liegen der obere Serratus steil nach oben gestellt und stets im äußeren Halsdreieck zu finden. Bei Seitenlagen sind sehr verschiedene Einstellungen des Schultergürtels möglich.

Drei Modi, den abduzierten Arm zu antevertieren

Bewegungen des Armes können — oft mit genau dem gleichen Endresultat — 1. im sternalen oder 2. im akromialen Schlüsselbeingelenk oder 3. im Schultergelenk zustande kommen. Besonders deutlich ist diese Gleichartigkeit der Wirkung der drei Gelenke auf den Arm bei dem Übergang aus der Abduktion in die Anteversion. Denken wir uns, daß der seitlich bis zur Horizontalen

erhobene Humerus um 30° nach vorn geführt wird, so kann dies in den beiden Schlüsselbeingelenken in der durch Abb. 150a und b erläuterten Art geschehen; auch im Schultergelenk ist der gleiche Ausschlag möglich (Abb. 124). Beim 3. Typus wird die Bewegung A—B mit einem Knochen (Humerus, Abb. 124) ausgeführt, beim 2. Typus mit zwei Knochen (Humerus + Skapula, Abb. 150b, II), beim 1. Typus mit drei Knochen (Humerus + Skapula + Klavikula, Abb. 150a, II).

In den beiden Fällen der Abb. 150 liegt der Arm in der gleichen Ebene, welche das Schulterblatt einnimmt, Skapularebene, so daß Stöße, welche die ausgestreckte Hand treffen (Hinfallen) oder von ihr ausgeteilt werden (Boxen), von der Fläche der Gelenkpfanne voll aufgefangen werden. Das gleiche wird erreicht, wenn die Drehung im Rumpf gemacht wird (Wirbelsäule und Becken) und der Schultergürtel selbst ganz unbewegt bleibt. Rumpfdrehungen werden deshalb fast immer mit den beiden ersten Typen kombiniert (borghesischer Fechter). Fall Abb. 150a unterscheidet sich von Fall b durch die sehr verschiedene Stellung des Schlüsselbeines und des Schulterblattes zum Brustkorb. Infolgedessen ist z. B. die Wirkung des Luftdruckes und die damit gegebene Fixierung der Skapula auf dem Thorax (S. 277) bei beiden Typen sehr verschieden u. a. m. Beim dritten Typus (Abb. 124) stellt sich der Arm in einen um so größeren Winkel zur Skapularebene, je mehr er sich dem Rumpf nähert; Stöße werden deshalb bei diesem Typus hauptsächlich die Kapsel, weniger die Pfanne treffen und viel geringeren Widerstand finden.

Die drei Gelenke können wohl miteinander vikariieren oder ihre Wirkung summieren. Das Prinzip, nach welchem von Fall zu Fall die Auslese aus den drei Hauptmöglichkeiten und ihren zahlreichen Kombinationen getroffen wird, beruht auf dem jeweiligen Gebrauch der Gliedmaße und der Gesamtstellung des Armes beim Beginn der Bewegung; das im Einzelfall günstigere und weniger gefährdete Gelenk ist bevorzugt.

Der hängende Arm pendelt bei zurückgenommener Schulter in einer Sagittalebene seitlich vom Rumpf hin und her (stramme Haltung: beim Marschieren); bei vorgenommener Schulter pendelt er in einer mehr frontal gestellten Ebene vor dem Rumpf (schlaffe Haltung: beim behaglichen Schlendern).

Elevation des Armes

Außer den Armbewegungen, bei welchen alle drei Gelenke des Schulterapparates beteiligt sein können, gibt es andere, bei welchen nur bestimmte von ihnen in Frage kommen, andere nicht. Die wichtigste von ihnen ist die Elevation. Mag der Arm über die Horizontale aus welcher Ausgangsstellung auch immer gehoben werden, immer ist das Schultergelenk unbeteiligt. Die Bewegung wird vielmehr in den beiden Schlüsselbeingelenken ausgeführt. Allerdings kann eine Elevation vorgetäuscht werden, wenn der Oberarm horizontal steht und der Unterarm im Ellenbogengelenk allein gehoben wird oder wenn eine Seitenneigung der Wirbelsäule nach der anderen Seite den Oberarm hebt. Solche Bewegungen unterstützen immer die extreme Elevation. Denn in dem gesamten Brustschulterapparat kann gewöhnlich der Humerus aus dem Hang nur um höchstens 160°, d. h. 70° über die Horizontale gehoben werden. Eine „vertikale Elevation", d. h. eine Aufrichtung bis zur senkrechten Stellung ist auch in den Schlüsselbeingelenken nicht möglich. Die fehlenden 20°, die wir, wie jeder weiß, tatsächlich überwinden, werden vom Rumpf oder Unterarm geliefert. Dies ist beim nackten Menschen leicht zu kontrollieren.

Bei Erkrankungen der Gelenke oder Muskeln, bei manchen Menschen auch habituell, kann viel mehr durch die beiden zuletzt genannten Faktoren ersetzt und für den Unerfahrenen leicht durch die Kleidung verdeckt werden, so daß die Untersuchung einer jeden solchen Bewegung am Nackten Regel sein muß. Durch symmetrisches Emporheben beider Arme läßt sich am einfachsten das Mitwirken des Rumpfes ausschalten.

Muskeln für die Abduktion des Armes

Über die Ausführung der Bewegungen durch die Muskeln wollen wir uns durch Besprechen der wichtigsten Richtungen orientieren. Es ist besonders im Auge zu behalten, daß sich jede Muskelbewegung, welche es auch sei, sich an mindestens einem der drei Gelenke des Brustschulterapparates äußern muß. Bei der Ermittelung der im Einzelfall beteiligten Muskeln ist also in der Praxis auszugehen von dem Gelenk, dessen Bewegung man durch die Untersuchung festgestellt hat, von den Muskelstraßen für das Schultergelenk (Abb. 128, 129) und von den Muskelschlingen, welche für die beiden Gelenke des Schlüsselbeines hauptsächlich in Betracht kommen (Abb. 146).

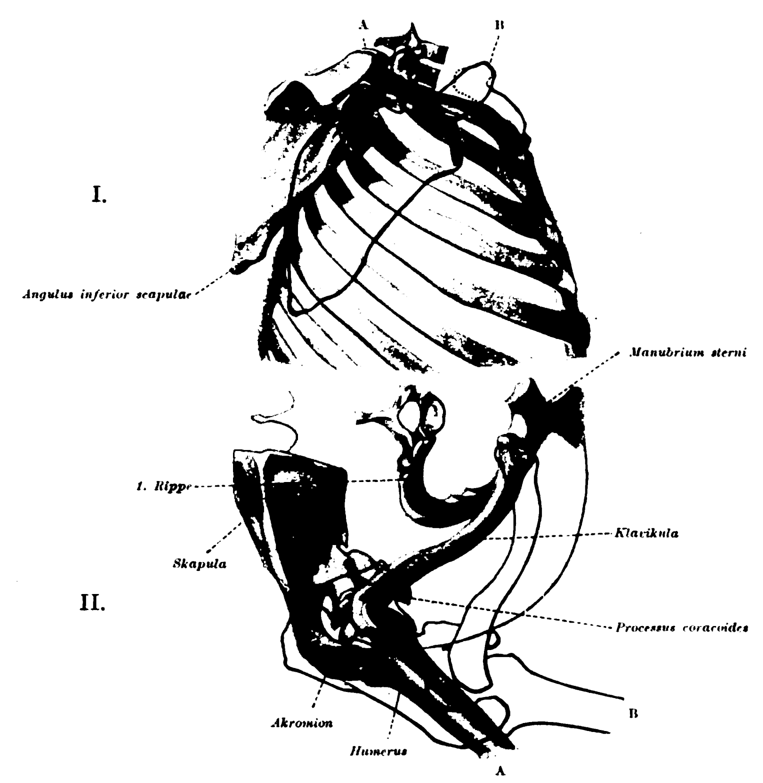


Abb. 150a. Reine Bewegung im sternalen Schlüsselbeingelenk: Übergang des Armes aus Abduktio in Anteversio um 30°. — I. Ansicht von der Seite. — II. Ansicht von oben. Von der Endstellung sind nur die Konturen gezeichnet. Punkt A verschiebt sich nach B (in Ansicht I und II). Der kleidoskapulare Winkel verändert sich bei diesem Typus nicht. Man beachte, daß sich Schlüsselbein und Schulterblatt sehr stark gegen den Brustkorb verschieben. (In Abb. II ist der untere sichtbare Kontur des Brustkorbes als Linie eingetragen, Projektion auf die Papierebene, nicht perspektivisch, siehe Abb. 124.)

Die Abduktion (Seitwärtshebung) des Armes bis zur Horizontalen scheint allein vom M. deltoides ausgeführt zu werden, wenn man nur auf die sichtbare Bewegung achtet. Unterstützt und bei Lähmungen vertreten wird er von dem verborgenen Supraspinatus und langen Bizepskopf. Auch die Rhomboides-Serratus- und Trapezius-Serratusschlingen sind regelmäßig mitbeteiligt. In dem Augenblick nämlich, wo der Arm gehoben wird, versucht sein Gewicht ihn wieder ins Lot zurück zu zwingen und — da der Humerus gegen die Skapula durch den kontrahierten Deltoides versteift ist — das Schulterblatt nach hinten aus der Lage zu drängen. Man versteht dies am besten, wenn man sich vorstellt, daß durch die Versteifung des Deltamuskels die Skapula

und der Humerus wie die beiden Schenkel eines Winkelhebels bei einem Klingelzug funktionieren: sinkt der abduzierte Humerus in die Ruhelage des Armes zurück, so hebt er automatisch den anderen Schenkel, d. h. die Skapula. Wird aber letztere durch die Rhomboides-Serratusschlinge (Abb. 146, IV, schwarz) so festgehalten, daß sie nicht ausweichen kann, so bleibt der Arm in Abduktion stehen und fällt nicht in den senkrechten Hang zurück. Für die Tätigkeit des Deltoides ist also die Kontraktion der unteren Portion des Serratus anterior und die ihr entsprechende Lockerung des Rhomboides eine unerläßliche Vorbedingung.

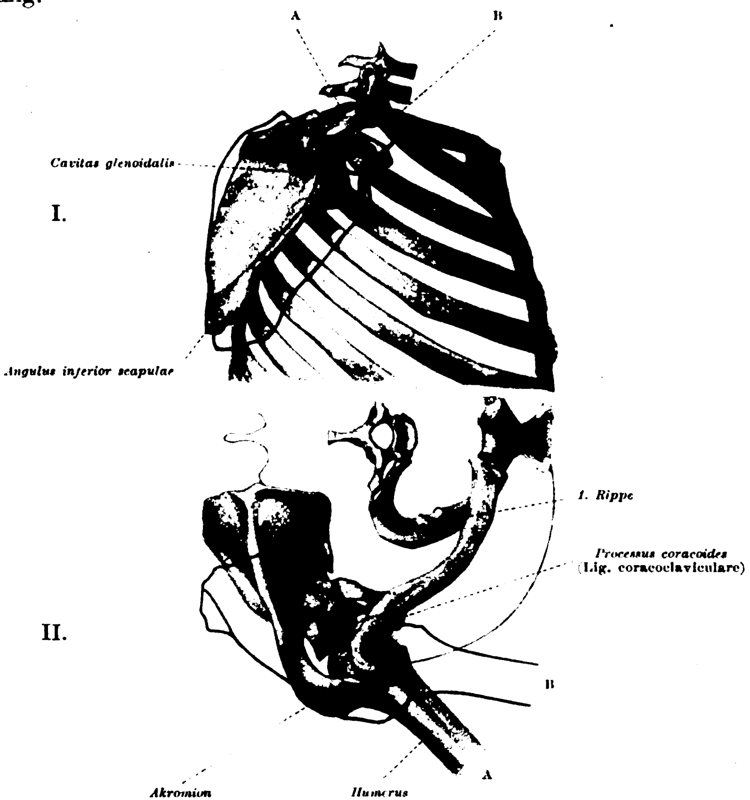


Abb. 150b. Reine Bewegung im akromialen Schlüsselbeingelenk. Der Arm macht den gleichen Ausschlag von 30° wie in Abb. 150a und in Abb. 124. — I. Ansicht von der Seite, II. Ansicht von oben. Der kleidoskapulare Winkel vergrößert sich bei diesem Typus. Man beachte die Stellungsveränderung des Schulterblattes, dessen Akromion um das akromiale Ende des Schlüsselbeines gleichsam herumläuft (Drehpunkt im Lig. coracoclaviculare); die Fläche der Skapula liegt in der Ausgangsstellung schräg dachziegelartig auf dem Brustkorb, in der Endstellung steht sie aufgerichtet in einer Sagittalebene. Die Verschiebung zum Brustkorb ist viel geringer als in Abb. 150a.

Das Schlüsselbein wird dadurch gleichzeitig um seine Achse gedreht (Rotation um ca. 8°; auf der rechten Seite entgegen dem Uhrzeiger), was für die Stellung des Schulterblattes und seiner Gelenkfläche bei der Abduktion günstig ist.

Für die reine Abduktion hat der Deltoides noch eine weitere Hilfe nötig. Seine vordere und laterale Portion (Pars clavicularis und Pars acromialis) bewegen nach vorn und außen und werden darin durch die beschriebene Wirkung des unteren Teiles des Serratus anterior unterstützt. Die hintere Portion (Pars spinata) könnte wohl die jenen fehlende Komponente für die reine Abduktion liefern, aber sie senkt gleichzeitig den Arm (Adduktion) und verhindert deshalb die anderen Muskeln ihn bis zur Horizontalen zu heben. Erst wenn die Trapezius-Serratusschlinge (Abb. 146, II, rot) in der Weise eingreift, daß das Schlüsselbein in seinem sternalen Gelenk dorsalwärts bewegt wird (Kontraktion des mittleren Trapezius und Locke-

rung des oberen und mittleren Serratus anterior), dann wird die Schulter so weit nach der Wirbelsäule zu verschoben, daß reine Abduktion bis zur Horizontalen erfolgt (statt Hebung nach vorn außen). Gewöhnlich arbeitet auch der obere Trapezius mit und deshalb schwillt bei reiner Abduktion der seitliche Halskontur an (Abb. 138; bei Vorwärtsheben des Armes ist das nie der Fall).

Bei Trapeziuslähmung ist infolgedessen keine reine Abduktion des Armes bis zur Horizontalen möglich. Es fehlen 20°. Das ist ein charakteristisches Merkmal für den Ausfall dieses Muskels. Außerdem ist bei Trapeziuslähmung unverkennbar. wie bei der Abduktion des Armes das ganze Schulterblatt nach vorn gleitet, weil sein Haupthalt an der Wirbelsäule unterbrochen ist; es stellt sich so, daß der vertebrale Rand nach unten gegen die Wirbelsäule divergiert.

Ist der Serratus anterior gelähmt, so ist bei Abduktion des Armes ein gewisser Ersatz für ihn durch die Levator-Trapeziusschlinge möglich (Abb. 146, I, rot). Der untere Trapezius dreht im gleichen Sinne die Skapula im akromialen und im sternalen Schlüsselbeingelenk (um 10° im ganzen) wie der Serratus anterior und ermöglicht die Wirkung des Deltoides. Es ist trotz erhöhter Arbeit des letzteren bei Serratuslähmungen selten möglich, den Arm ganz bis zur Horizontalen zu abduzieren. Immer steht bei stärkerer Abduktion und Serratuslähmung die Basis scapulae vom Rücken ab (Scapula alata). Als diagnostisch besonders wichtiges Merkmal prägt man sich ein, daß bei der Serratuslähmung infolge des Versagens der Serratus-Rhomboidesschlinge jede Bewegung des Angulus inferior scapulae nach vorn fehlt (negativ; bei der Trapeziuslähmung ist umgekehrt das Ausrutschen des Schulterblattwinkels nach vorn bei jeder Bewegung des Knochens positiv).

Muskeln für die Anteversion des Armes

Die Anteversion (Vorwärtsheben des Armes bis zur Horizontalen) wird wie bei der Abduktion und aus denselben Gründen außer vom Deltoides und den beiden Bizepsköpfen von der Serratus-Rhomboidesschlinge bewirkt (Abb. 146, IV, schwarz). Statt des Trapezius arbeitet bei dieser Bewegung der Pectoralis major mit. Die Pars clavicularis dieses Muskels, die untere Portion des Serratus anterior und die Pars clavicularis des Deltoides ergänzen sich darin, daß sie den Arm in die Sagittalebene hineinstellen. Beide Schlüsselbeingelenke werden dabei beansprucht. Fällt einer der drei Muskeln aus, so sind die beiden anderen imstande, durch Mehrarbeit den Ausfall zu decken.

Trotzdem ist für die Serratuslähmung, wenn auch der Arm bis zur Horizontalen antevertiert werden kann, gerade während der Anteversion folgende Erscheinung sehr charakteristisch und für die Muskelwirkung lehrreich. Der Pectoralis major ergänzt hauptsächlich die entstandene Lücke. Er kann aber um so kräftiger wirken, je mehr der kleidoskapulare Winkel durch ihn vergrößert wird, weil sein Moment für den Ansatz am Humerus damit wächst. Das bedeutet für die Skapula starkes Abhebeln der Basis vom Rücken. Die Levator-Trapeziusschlinge (Abb. 146, I, rot), welche dies in der Norm verhindern würde, gibt das Schulterblatt zugunsten des Pektoralis frei. Die für Serratuslähmungen charakteristische „Scapula alata" tritt deshalb bei keiner Bewegung deutlicher hervor als bei Anteversion des Armes.

Muskeln für die Retroversion des Armes

Die Retroversion (Rückwärtsheben) des Armes ist im Schultergelenk und im sternalen Schlüsselbeingelenk rein nach hinten überhaupt nicht möglich. Im akromialen Schlüsselbeingelenk kann vor allem der Latissimus dorsi den Arm nach hinten bewegen („Aniskalptor", S. 249).

Muskeln für die Elevation des Armes

Die Elevation (Hochheben) des Armes über die Horizontale wird ausschließlich in den beiden Schlüsselbeingelenken hervorgerufen, weil der Humerus im Schultergelenk allein nur bis zur Horizontalen gehoben werden kann. Wirken allerdings, wie regelmäßig bei normaler Elevation, alle drei Gelenke des Brustschulterapparates zusammen, so hebt der Deltoides aus dem Hang um 112° im Schultergelenk, also nicht unbeträchtlich über die Horizontale hinaus. Daran sind aber die Rhomboides-Serratusschlinge und das akromiale Schlüsselbeingelenk insofern beteiligt, weil durch sie das Schulterblatt so weit nach vorn gebracht und festgehalten wird, daß der Arm nicht zurück gleitet. Bei der Serratuslähmung ist diese Wirkung wie in einem Experiment ausgeschaltet und wirklich wird dann der gestreckte Arm — trotz ganz intakten Deltamuskels — nicht über die Horizontale gehoben (sogar meistens nicht ganz bis zur Horizontalen). Der untere Teil des Serratus anterior, welcher konvergent zum

unteren Winkel des Schulterblattes verläuft, dreht das Schulterblatt im akromialen Schlüsselbeingelenk so, daß sich die Gelenkpfanne für den Humerus nach oben richtet (Abb. 141). Derselbe Muskel erzielt eine weitere Verschiebung der Gelenkpfanne im gleichen Sinne durch Rotation des Schlüsselbeines um die eigene Achse in seinem sternalen Gelenk. Je mehr aber die Gelenkpfanne sich nach oben richtet, um so mehr wird der im Schultergelenk durch den Deltoides versteifte Arm in die Höhe gehebelt. Das Schultergelenk ist aktiv ganz unbeteiligt. Der Humerus zeigt wie ein Zeighebel die Größe der Drehung des Schultergürtels an.

Die Bewegung in beiden Schlüsselbeingelenken zusammen beträgt, am ausgestreckten Arm gemessen, 30° d. h. mit den scheinbar vom Deltoides allein erzielten 112° zusammengerechnet 142°. Auf diese Weise ist der Arm um 52° über die Horizontale eleviert. Davon kommen im allgemeinen $^2/_3$ der Leistung auf das akromiale und $^1/_3$ auf das sternale Schlüsselbeingelenk. Doch wird beim Emporheben aus reiner Abduktion das Schlüsselbein am frühesten und stärksten aufgerichtet. Es bleibt dagegen anfangs horizontal stehen, wenn die Elevation aus der reinen Vorwärtshebung oder aus einer Zwischenstellung zwischen Anteversion und Abduktion vorgenommen wird. Nur zum Schluß tritt auch dann das sternale Gelenk in Tätigkeit.

Eine vertikale Elevation ist im Schulterapparat überhaupt nicht möglich (außer bei abnorm dehnbarem Schultergelenk); über die maximale Elevation von 52° hinaus kann der Arm jedoch durch die Wirbelsäule gehebelt werden, sobald sie nach der anderen Körperseite geneigt wird. Dadurch läßt sich jederzeit der Winkel von 52° bis auf 90° (vertikale Elevation) leicht steigern und auch ein Minusausschlag des Armes nach der anderen Körperseite hinüber erreichen.

Voraussetzung für die maximale Ausnutzbarkeit beider Schlüsselbeingelenke bei der Elevation ist ein intakter Trapezius. Denn nur dann können die Klavikula und der obere innere Winkel der Skapula so weit nach hinten gebracht werden, daß der Serratus anterior eine günstige Ausgangsstellung und genügenden Spielraum hat, um das Schulterblatt ausgiebig zu drehen und mit ihm die Gelenkpfanne für den Humerus richtig nach oben zu stellen. — Der Trapezius unterstützt mit seinem unteren Teil (Trapezius-Levatorschlinge, Abb. 146, I, rot) die Wirkung des Serratus, weil er die Skapula im gleichen Sinne dreht, so daß die Gelenkpfanne nach oben gerichtet wird und der im Schultergelenk versteifte Arm eleviert werden kann. Bei Serratuslähmung kann dieser Mechanismus vikariierend eintreten, aber nie einen vollen Ersatz bieten. Man erkennt den Ausfall des Serratus sofort daran, daß der Angulus inferior nicht mehr nach vorn bewegt werden kann. Denn der Ersatz durch den Trapezius dreht die Skapula in anderer Weise, nämlich durch Fixierung ihres Angulus inferior an Ort und Stelle. Dieser Unterschied ist durch die Haut leicht festzustellen. Durch den Trapezius läßt sich der Arm nur um 15° heben, also nur halb so hoch wie durch den Serratus. Selbst diese Arbeit kommt bei Serratuslähmung nicht zur äußeren Geltung, weil sie vollkommen verbraucht wird, um das Ausgleiten des Schulterblattes nach hinten auszugleichen, welches sonst bei Kontraktion des Deltoides eintreten müßte. So ist die gewöhnlich nicht erreichte Höchstleistung bei Serratuslähmung eine Elevation bis 115° aus dem senkrechten Hang, also das, was der Deltoides unter richtiger Vorbereitung allein leistet. Höhere Erhebungen bei solchen Patienten können wohl durch ausgiebige Mitbenutzung des Rumpfes, aber nicht im Brustschulterapparat zustande kommen.

Sehr zweckmäßig ist es, beim Lebenden auf die Vertebra prominens mit Heftpflaster eine kleine Schachtel als Unterlage aufzukleben, welche hoch genug ist, daß ein an ihr befestigtes Lot frei bis zum Boden herabhängt. Man sieht bei anfangs gerader Körperhaltung an der Verschiebung des Lotes sofort, wann die seitliche Rumpfbeuge einsetzt, um den Arm höher zu elevieren, als es der Brustschulterapparat kann. — Dreht man bei Serratus- und Trapeziuslähmungen die Schulter des Patienten künstlich mit den Händen oder mit einem geeigneten Apparat, so kann der Arm aus dem Hang wie in der Norm eleviert werden, weil dann bloß das Schultergelenk mit seinen intakten Muskeln zu arbeiten braucht.

Muskeln für die Rotation des Armes

Die Rotation (Kreiselung) des Armes vollzieht sich um eine Achse, welche durch den Humeruskopf und den Griffelfortsatz der Ulna verläuft, d. h. um die gleiche Achse, um welche am Unterarm der Pronation und Supination gedient wird (Abb. 149a, b). Man kann infolgedessen die Rotation nach innen beim gestreckten Arm zur Hyperpronation (Abb. 149c) und die nach



außen zur Hypersupination ausnutzen, d. h. Pro- und Supination weiterführen, als es im Unterarm möglich ist. Diese Bewegung, soweit sie im Oberarm lokalisiert ist, wird von den Drehmuskeln, d. h. den meisten am Tuberculum majus et minus humeri befestigten Muskeln auf 90° gebracht (Abb. 128, 129, Pfeile). Der gebeugte Unterarm würde also, wenn die Bewegung allein im Schultergelenk erfolgte, einen Ausschlag von nicht mehr als einem Kreisquadranten ergeben können. Man überzeuge sich an sich selbst, daß bei senkrecht erhobenem Oberarm mit dem rechtwinklig gebeugten Unterarm ein halber Kreisbogen und mehr ausgeführt werden kann. Das Plus geht, wenn Mitbewegungen der Wirbelsäule unterbleiben, zu Lasten der beiden Gürtelgelenke. Je mehr die Gelenkfläche des Schulterblattes nach vorn gerichtet wird, um so größer wird die Innenrotation des Humerus. Umgekehrt wächst der Ausschlag der Außenrotation des Oberarms, wenn das Schulterblatt so gestellt wird, daß die Gelenkfläche für den Humerus möglichst nach außen sieht. In beiden Fällen können beide Schlüsselbeingelenke beteiligt sein; denn die Gelenkfläche für den Humerus wird sowohl durch Drehung der Skapula im akromialen Gelenk, wie durch Vor- oder Rückverschiebung der Klavikula im sternalen Gelenk beeinflußt. Der wichtigste Muskel für die Außenrotation im sternalen Gelenk ist der Trapezius, im akromialen Gelenk der Rhomboides. Die Innenrotation wird in beiden Gelenken vom Serratus anterior und Levator scapulae ausgeführt.

Die Beteiligung des Levator bei Innenrotation ergibt sich aus dem ovalen Kontur der Verkehrsebene (Abb. 146, schwarzes Oval). Denn das Schlüsselbein kann nur dann extrem nach vorn gestellt werden, wenn es aus der horizontalen Ruhelage längs dem Vorderrand des Ovals gehoben wird. Der Levator hebt es stärker als der obere Trapezius und auch mehr nach vorn als dieser. Fällt er infolge Lähmung seines Nervs aus, so ist die Folge vor allem an der Verschiebung des Akromion nach hinten erkennbar (bei Hebungen der Schulter oder des Armes und bei Innenrotation des letzteren), welche die vikariierenden Muskeln nicht hintanhalten können.

II. Die freie obere Gliedmaße (Arm und Hand).

1. Definition der „freien" Gliedmaße, ihre Entstehung und Primitivform.

Schon in früheren Kapiteln ist die „freie Gliedmaße" vom Gliedmaßengürtel (Schultergürtel und Becken) unterschieden worden (S. 222). Arm und Hand bei der oberen Extremität und Bein und Fuß bei der unteren sind gegenüber dem Schultergürtel und dem Becken dadurch gekennzeichnet, daß sie aus dem Rumpf als ringsum greifbare „freie" Anhänge herausragen. Die Gürtel sind dagegen der Rumpfwand eingelagert und nicht ringsum greifbar. Dieses Merkmal der freien Gliedmaßen geht, wie wir unten sehen werden, auf ihre erste Entstehung zurück und liegt in der Primitivform bereits klar zutage. Wir teilen den Arm ein in Oberarm, Brachium, und Vorder- oder Unterarm, Antebrachium. Die Hand, Manus, wird als etwas Besonderes vom Arm unterschieden.

Im gewöhnlichen Sprachgebrauch wird darin verschieden verfahren. Oft versteht man unter „Arm" die ganze freie Gliedmaße, also auch die Hand.

Flossen- oder paddelförmige Anlage

Beim menschlichen Embryo erscheinen beide Extremitätenpaare als lappenförmige, horizontal gestellte Anhänge, welche dem Rumpf mit breiter Basis aufsitzen (Abb. 151). Ihre Form ist die gleiche wie bei den primitivsten Wirbeltierextremitäten, welche in der Fischflosse (am deutlichsten bei den Haien) noch jetzt funktioniert und dem durch Schwanzbewegungen vorwärts getriebenen Körper das Gleichgewicht beim Schwimmen gibt; bei Fischerbooten und anderen ist das gleiche Prinzip in den verstellbaren „Schwertern" ange-



wendet. Durch die breite Basis, welche immer mehreren Ursegmenten entspricht, kann Muskelmaterial in breitem Strom in die embryonale Gliedmaße hineingelangen; das ist wahrscheinlich einer der Gründe dafür, daß die Flossenform der Extremität beim Embryo nicht verloren geht, trotzdem die Definitivform eine ganz andere ist.

Bei der vorderen Extremität des Menschen sind es anfangs die zervikalen Segmente C 4—C 8, also fünf, denen sich später noch ein sechstes, das thorakale Th 1, zugesellt; dafür scheidet aber C 4 nachträglich aus, wie wir aus der Innervation der Extremität wissen. Bei den niedersten Landwirbeltieren scheint die Zahl der beteiligten Myotome nicht geringer als acht gewesen zu sein; die kranialsten sind für die vordere Extremität der höheren Tiere verloren gegangen, wie jetzt noch C 4 in der individuellen Entwicklung des Menschen.

Man nennt die Weichteile der Extremitäten, weil sie von vielen Ursegmenten abstammen, polymer. Die Polymerie der Fischflosse ist am deutlichsten, weil die Zahl der beteiligten Segmente besonders groß zu sein pflegt. Aber das Prinzip beim Menschen ist das gleiche und gibt zeitlebens den freien Gliedmaßen das innere Gepräge. Die Teilstücke, aus welchen die Weichteile zusammengesetzt sind, bleiben in der feineren Ausbreitung der Muskelnerven und Hautnerven zeitlebens erkennbar und haben große Bedeutung für den definitiven Zustand (metamere Zonen, Bd. III). Um diesen herstellen zu können, bleibt die Flossenform der Extremität beim Embryo bestehen.

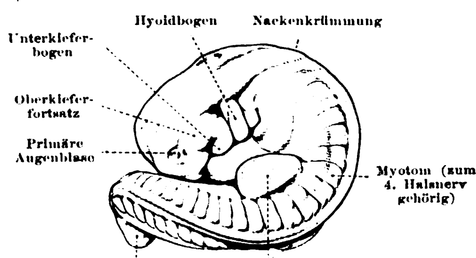


Abb. 151. Menschlicher Embryo von 4,02 mm größter Länge, spiralig gedreht. (Aus Hochstetter Atlas, Sammlung Fischel.) Siehe auch Abb. 8.

Im einzelnen gibt es Unterschiede im Verteilungsmodus der Muskelanlagen an die Extremitäten. Bei Haien gehen von jedem Myotom zwei Ströme von Muskelanlagen („Dohrnsche Knospen") in die embryonalen Flossen. Bei den meisten Landwirbeltieren sind die mikroskopischen Bilder nicht so klar, vielleicht weil das Material nicht in solchen Mengen und mehr allmählich (portionsweise) an die freie Gliedmaße abgegeben wird und deshalb der Vorgang der mikroskopischen Sichtbarkeit entrückt ist. Bei der unteren Extremität des menschlichen Embryo sind zellige Ausflüsse von 5 Myotomen festgestellt worden (Abb. 242). Die breite Basis der flossenähnlichen Primitivform scheint auf jeden Fall nötig zu sein, um das segmentale Material zu formieren. Die Nerven und Gefäße sind deutliche Zeugen dafür.

Im Inneren der flossenähnlichen Primitivform bildet sich das Skelett der Gliedmaße. Voraussetzung dafür ist, daß die ersten Muskelanlagen eines jeden Myotoms sich in die dorsalen und ventralen autochthonen Extremitätenmuskeln getrennt haben: Tochterknospen (Abb. 5 und S. 32); denn das Skelett liegt als Versteifung in der Horizontalebene zwischen beiden Gruppen, die als Heber und Senker der ursprünglichen Flosse funktionieren (Abb. 125).

Entstehung des Stieles und der Handplatte

Mit der Skelettbildung setzt bei den Embryonen der Landtiere die charakteristische Umgestaltung des Extremitätenlappens in die typische terrestrische Gliedmaße ein, die allen Vierfüßlern (Tetrapoden) im Unterschied zu den Fischen (Tetrapterygiern) eigentümlich ist. Kleine runde Knorpelzentren in der einheitlichen Vorknorpelanlage des Skeletts, welche anfangs alle ziemlich gleich groß sind, fangen an, sich verschieden stark zu strecken, besonders diejenigen für den Oberarm resp. Oberschenkel und Unterarm resp. Unterschenkel (Abb. 156). Vor der 6. Fetalwoche ist ein Metakarpale der Hand (siehe Abbildung) noch so lang wie der Radius, tritt dann aber relativ immer mehr zurück. Die lappenförmige Platte, welche äußerlich noch ziemlich glattrandig ist, bekommt auf diese Weise einen Stiel (Abb. 88), dessen besondere Ausgestaltung erst die Gliedmaßen für das Leben auf dem Lande befähigt.

Der Stiel geht aus Material hervor, welches im Skelett als winziges Zentrum schon vorher vorhanden war, dessen Verlängerung aber erst aus der Flosse eine Hand und einen Fuß macht. Man kann deshalb nicht sagen, daß Hand und Fuß zuerst da seien. Sie entstehen erst nach Spezifizierung kleiner basaler Teile der Flosse zum Stiel aus dem verbleibenden Rest. Dieser „Rest" ist allerdings anfänglich weitaus am umfänglichsten und scheint bei Betrachtung der äußeren Form allein da zu sein, weil die Anlagen des Stieles im Innern verborgen liegen. Hand und Fuß stehen demnach in unseren freien Gliedmaßen der Urform (Flosse) zunächst und verdienen deshalb eine besondere Stellung gegenüber Arm und Bein, die dem Stiel entsprechen.

Die einzelnen Skelettabschnitte

Für den Stiel der Vorder- und Hintergliedmaßen ist charakteristisch (Abb. 156), daß ein unpaarer Skelettstab die Verbindung mit dem Extremitätengürtel übernimmt, Stylopodium: Humerus resp. Femur; es folgt dann ein Paar von Skelettstäben, Zeugopodium: Radius und Ulna resp. Tibia und Fibula. Aus der Hand- resp. Fußplatte, welche von dem Stiel getragen wird, sprossen im allgemeinen fünf Finger resp. Zehen hervor, deren Zahl vielfach reduziert sein kann, beim Menschen aber vollzählig vorhanden ist. Die Extremität ist pentadaktyl (die Fischflosse heißt dagegen: polydaktyl, Abb. 125); es wird uns noch beschäftigen, ob Reste von mehr als fünf Strahlen in der Hand oder dem Fuß der Pentadaktylier enthalten sind (z. B. das Pisiforme S. 304). Die Skelettstücke, welche in dem äußerlich ungegliederten Handteller, Palma, liegen, nennen wir Karpalia, Handwurzelknochen, und Metakarpalia, Mittelhandknochen; die Skelettstücke der Finger heißen Phalangen.

Beim Fuß haben wir entsprechend in der Planta die Tarsalia, Fußwurzelknochen, und Metatarsalia, Mittelfußknochen, und in den Zehen ebenfalls Phalangen.

Nur die Finger und die Zehen mit den Phalangen sind bei terrestren Gliedmaßen äußerlich gegeneinander getrennt; die Metakarpalia und Metatarsalia sind durch Weichteile zu einem einheitlichen Komplex verbunden und liegen innerhalb des Handtellers (Abb. 187) resp. des Fußes. Der Anfänger läßt sich leicht in diesem Punkt durch das Skelett täuschen und verwechselt an diesem Mittelhand- und Mittelfußknochen mit Phalangen.

Beim menschlichen Embryo ragt anfänglich überhaupt kein Skelettstück aus dem einheitlichen Kontur der Extremitätenplatte hervor (Abb. 88). Bei der Flossenplatte der Fische ist das zeitlebens so; dort kommen allerdings in Einzelfällen (Laufstrahlen u. dgl.) Isolierungen von Strahlen oder Strahlengruppen vor, die, ohne Vorläufer der Finger und Zehen zu sein, doch als Versuche in der gleichen Richtung betrachtet werden können. Für das Leben auf dem Lande sind die mit Hornkappen (Krallen) bewehrten Finger und Zehen zum Festhalten am Boden oder an anderen Unterlagen und als Waffe wichtig geworden und deshalb überall in den mannigfachsten Formen ausgebildet.

2. Knickungen und Drehungen der Gliedmaßenstiele bis zur endgültigen Stellung und Form der Arme und Beine des Menschen.

Die Stiele der Extremitäten haben als Stützapparate beim Stehen und Gehen unter den anderen Schwereverhältnissen des Landlebens besondere Bedeutung und besondere Formen erlangt, die nur im Zusammenhang mit der Lebensweise zu verstehen sind; die wesentlichen Merkmale sind auch bei den anthropoiden Affen und beim Menschen vorhanden trotz des aufrechten Ganges und sind nur diesem besonders angepaßt. Die Entwicklung des menschlichen Embryo durchläuft noch jetzt die wesentlichsten Etappen des etwas verwickelten historischen Prozesses, den ich hier wegen der Konsequenzen für den Menschen skizzieren muß.

Stellung der Extremitäten bei „Kriech"-tieren

Wenn sich aus einem Flossenlappen eine gestielte Paddel ähnlich einem Ruder formt, so wird durch eine Biegung und Torsion des Stieles leicht die Platte in Berührung mit dem Boden gebracht (Abb. 156a). In ähnlicher Weise stützen sich manche Fische auf, welche sich im Schlamm oder vorübergehend auf dem trockenen Boden auf ihren Flossen zu erheben vermögen. Bei den Amphibien

und Reptilien, früher auch als „Kriechtiere“ zusammengefaßt, liegt der Körper im allgemeinen mit dem Bauch auf dem Boden und erhebt sich nur während der Fortbewegung ein wenig und nicht ohne Anstrengung. Die Oberschenkel der vier Beine stehen senkrecht vom Körper ab und die Unterschenkel sind so zum Boden hin abgeknickt, daß sie sich um eine zur Wirbelsäule parallele

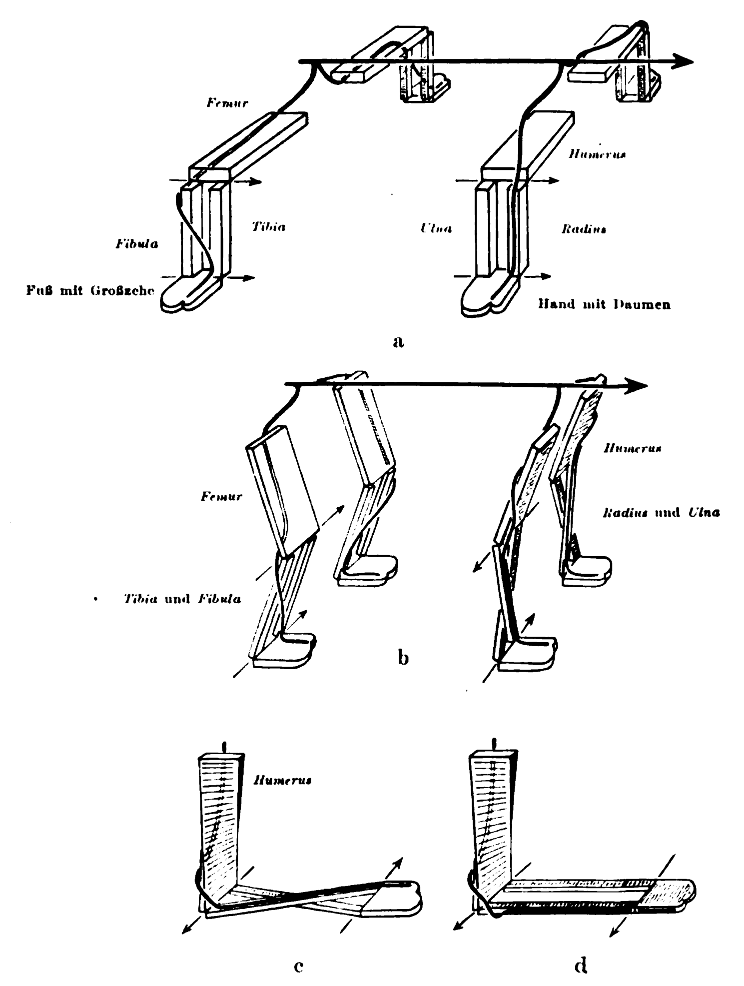


Abb. 152. Die verschiedenen Knickungen und Drehungen der Extremitäten: Kriechen und Gehen (Modell). Der dicke Pfeil bezeichnet die Längsachse des Rumpfes, Pfeilspitze kopfwärts. Die dünnen Pfeile geben die Drehachsen der Gelenke an. Bei den vorderen Extremitäten ist der Verlauf des Nervus radialis, bei den hinteren der Verlauf des Nervus ischiadicus und Nervus peronaeus eingetragen (resp. von Nerven, welche den genannten menschlichen Nerven entsprechen würden, vgl. dazu Erklärung zu Abb. 158). Ventrale Seite des Skeletts schraffiert, dorsale Seite weiß. (Alle Knochen durch flache Brettchen dargestellt, damit die dorsalen und ventralen Seiten besonders kenntlich sind.) a) Amphibien und Reptilien („Kriechtiere“). b) Säugetiere. c) Torsion des Humerus beim Menschen in Pronationsstellung des Unterarmes. d) Dasselbe in Supinationsstellung.

Achse drehen (Abb. 152a). Die vier Füße sind mit entgegengesetztem Knick zum Unterschenkel abgebogen; die ventrale Seite dient als Sohle. Diese Stellung ermöglicht wohl ein Erheben vom Boden, aber nur ein mühsames Kriechen, weil die Parallelstellung der Gelenkachsen zur Richtung der Wirbelsäule für ein unmittelbares Vorbringen der Beine bei der geraden Fortbewegung — in

der Richtung der Körperlängsachse — ungünstig ist. Schnelle Bewegungen sind wohl möglich, aber nur durch Springen (Frosch) oder durch Schlängelbewegungen des ganzen Körpers (Salamander, Abb. 153), bei welchen der Körper alternierend um einen Vorder- und Hinterfuß als Stützpunkt gedreht wird.

Kniehebel für den Gang

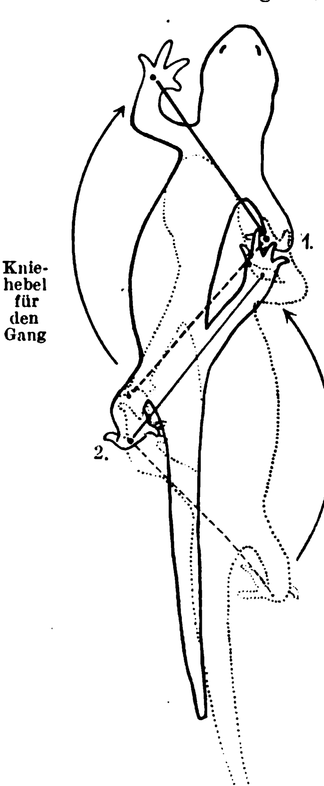


Abb. 153. Salamandra maculosa, kriechend, zwei aufeinander gepauste Bilder aus einer kinematographischen Serienaufnahme. 1. Bild mit punktierten, 2. Bild mit ausgezogenen Konturen. Um den Drehpunkt im rechten Vorderfuß (blau 1.) wird der Körper und der linke Vorderfuß herumgeschwenkt (in der Richtung des blauen Pfeiles: 1. Phase), ebenso der Körper und der rechte Hinterfuß um den Drehpunkt im linken Hinterfuß (rot 2., Richtung des roten Pfeiles: 2. Phase). Die Verbindungslinie der Vorderfüße (blau: in Ausgangsstellung gestrichelt, in Endstellung ausgezogen) wird in der 1. Phase um etwas mehr als 90° nach vorn geklappt, ebenso die Verbindungslinie der Hinterfüße (rot). Die Bewegung des Rumpfes erfolgt dementsprechend in einer fortlaufenden Schlangenlinie.

Die Extremität ist dabei ein auf dem Boden fixierter Angelpunkt einer Kurve, welche die Rumpfmuskulatur ausführt, nicht ein eigentlicher Motor für die Fortbewegung. Sie fällt daher auch bei Schlangen ganz weg; diese können sich blitzschnell fortbewegen trotz des Mangels an Gliedmaßen, weil die Rippen selbst die alternierende Anheftung am Boden übernehmen.

Der entscheidende Fortschritt des „Kriech"tieres zum wirklichen Gang (der übrigens beim Chamäleon unter den Reptilien schon geschehen ist), knüpft daran an, daß die Stylopodien (Humerus und Femur) nicht mehr horizontal vom Körper weg gesperrt stehen, sondern mit Ellenbogen und Knie in die Sagittalebene gestellt und dadurch unter den Körper gebracht werden (Abb. 152b). Jetzt ruht die Körperlast auf Säulen, die unter dem Schwerpunkt und nicht außerhalb angebracht sind; alles was an Muskelkraft der Extremitäten für das Aufrichten der Körpermaße gespart wird, ist für die aktive Fortbewegung des Körpers durch die Gliedmaßen selbst verfügbar geworden. Diese entscheidende Veränderung ist um so leichter, je abgeplatteter der Rumpf auf beiden Seiten ist, wie es besonders schön beim Chamäleon gegenüber den übrigen Reptilien zu sehen ist. Dies gilt allgemein auch für Säuger, solange die Extremitäten einseitig zum Laufen benutzt werden. Die Gliedmaßen sind aber nur selten und nur bei sehr schweren Vierfüßlern (Nilpferd) vollkommen gestreckt; meistens sind die Ellenbogen im ruhigen Stand entgegengesetzt wie die Knie geknickt, erstere mit dem Scheitel nach hinten gerichtet, letztere nach vorn (siehe auch Abb. 80a). Für Stöße, welche von vorn kommen, gibt das Widerstand im Knie und umgekehrt für Stöße von hinten eine Parade im Ellenbogen.

Ein lehrreiches Gegenbeispiel dafür ist der Vorderfuß des Pferdes. Bei ihm wird als „Knie" ein Winkel bezeichnet, welcher gerade umgekehrt wie der echte Ellenbogen gerichtet ist (umgekehrt wie das wirkliche „Knie" des Vorder„beines"). Dieser Winkel ist entstanden, weil der Fuß zu einem stelzenförmigen Laufknochen umgewandelt und bis zu dem fälschlich „Knie" genannten Knick verlängert ist. Bekannt ist, daß geschwächte Pferde hier leicht nachgeben, wenn — wie beim Bergablaufen — eine Gewalt von hinten wirkt.

Ein zweiter Grund für die spiegelbildliche Knickung der beiden Gliedmaßenpaare ist die Bereitschaft dieser Haltung für ein gleichmäßiges Emporrecken des ganzen Körpers auf seinen vier Beinen. Letztere sind ähnlich gestellt wie die seitlichen Verstrebungen am Balg der ausziehbaren photographischen Handkameras. In der Technik gebraucht man bei Pressen für derartige Streben den Ausdruck „Kniehebel". Versucht man in einem Modell wie Abb. 152a die Extremi-

täten spiegelbildlich zu knicken und zugleich so unter den Körper zu bringen, daß die Sohlen auf dem Boden bleiben und die Zehen nach vorn gerichtet sind, so müssen sich mit Notwendigkeit bei der vorderen Extremität, welche nach hinten geknickt wird, die Vorderarmknochen überkreuzen (Abb. 152b, Pronation). Ohne Überkreuzung müßte das Tier in dieser Stellung auf dem Handrücken laufen. Die Tastballen und die spezifische Differenzierung der Muskeln und Gelenke der Sohle begünstigen das Haften gerade dieser Seite des Fußes am Boden und veranlassen deshalb die Pronation des Unterarms. Der Unterschenkel wird nicht proniert wie der Vorderarm; denn der Oberschenkel wird nach vorn gedreht (Abb. 152b, nicht nach hinten wie der Oberarm). Man beachte, daß der Vierfüßler in dieser Stellung alle Gelenkachsen der Extremitäten senkrecht zur Medianebene des Körpers stehen hat, wie es für die gradlinige Fortbewegung am zweckmäßigsten ist. Das Hebelsystem der vier Beine ist nunmehr für den Gang aktiv verwendbar geworden.

Auch das Kind nimmt die Kniehebelstellung ein, ehe es laufen gelernt hat. Wenn wir auch in aufrechter Stellung unsere Extremitäten gestreckt halten, so ist doch bei allen Bewegungen die spiegelbildliche Knickung von Armen und Beinen gleich der beim Vierfüßler. Ellenbogen und Knie sind so eingerichtet, daß wir sie gar nicht über die Streckstellung hinaus in anderer Richtung bewegen können als in der allen Vierfüßlern eigenen.

Abb. 154. Beziehung zwischen Thoraxform, Lage des Schulterblattes und Torsion des Humerus (nach einem Modell von Mollison). Ansicht von vorn (oben). a) Größter Durchmesser des Thorax sagittal (Vierfüßler). Durch Anknüpfen des Hakens an den freihängenden Ring kann der Brustkorb im Modell abgeplattet werden. b) Größter Durchmesser des Thorax frontal (Mensch). Die Schulterblätter werden automatisch mit verlagert. Der im Ellenbogen winklig gebeugte Vorderarm (Stellung wie in Abb. 44b) kommt automatisch nach außen zu stehen. In der punktierten Stellung ist das vermieden durch Gegendrehung innerhalb des Humerus in der Richtung des Pfeiles (die gestrichelte Marke innerhalb des Humerus steht vor Ausführung der Torsion in der Verlängerung der ausgezogenen oberen Marke).

Torsion des Humerus

Mit der aufrechten Haltung kommt beim Menschen für den Oberarm noch etwas Spezifisches hinzu: die Torsion des Humerus (Abb. 152c). Der Brustkorb ist nicht seitlich, sondern von vorn nach hinten abgeplattet und wird deshalb, wie wir gesehen haben, besser auf der Lendenwirbelsäule balanciert. Für die Schulterblätter hat das im Gefolge, daß sie nicht seitlich liegen wie beim Vierfüßler (Abb. 154a), sondern dorsal auf der frontal gestellten Rückenfläche (b). Die Gelenkfläche für den Humerus schaut deshalb beim Menschen nicht rein ventral wie beim Vierfüßler, sondern schräg lateral. Der Humeruskopf ist dementsprechend gedreht: in der Entwicklung des Menschen ist das Tuberculum majus nach vorne ventral gerichtet, beim Erwachsenen schaut es lateralwärts! Die Drehung beträgt ungefähr 90°. Projiziert man die Umrisse der proximalen und distalen Epiphyse des Humerus aufeinander und vergleicht man die Gelenkachsen beider miteinander, so zeigt sich, daß der Knochen in sich gedreht ist (Abb. 155); denn die Achse der proximalen Epiphyse (ausgezogene Linie) steht anfänglich senkrecht zu derjenigen der distalen Epiphyse (gestrichelte Linie) und rückt erst durch die Torsion in die gleiche Richtung mit ihr.

Diese Stufenleiter ist nicht nur für die individuelle Entwicklung des Menschen nachgewiesen, sondern führt auch von den anthropomorphen Affen über den prä-

historischen Menschen und über tiefstehende rezente Rassen bis zum Europäer (Abb. 155).

Die Bewegungsfreiheit nach vorn, welche für feine Greifbewegungen unter der Kontrolle des Blickes wichtiger ist als ausgiebige Bewegungen nach der Seite, ist für den Menschen durch die Torsion des Humerus gewahrt. Durch die Verlagerung der Schulterblätter nach hinten würden sonst die Hände bei gebeugtem Ellenbogen entsprechend auseinandergespreizt stehen und dorsalwärts freier beweglich sein als ventralwärts aufeinander zu (Abb. 154b). Wird der Unterarm mit der Hand supiniert (Abb. 152d), so stehen beide Unterarmknochen wieder parallel (wie in Abb. 152a). Für die aufrechte Haltung ist der Grund nicht mehr wirksam, welcher beim Vierfüßler die Sohle des Vorderfußes an den Boden fesselt. Deshalb ist die sekundär erworbene Parallelstellung der Unterarmknochen annähernd so häufig wie die gekreuzte Stellung.

Die Supination wird dem menschlichen Skelett seit alters her in der sog. Normalstellung gegeben (S. 18). Letztere ist in Wirklichkeit die jüngste Erwerbung.

Bei Vierfüßlern sind häufig beide Unterarmknochen in Pronationsstellung zu einem Skelettstück verwachsen und fest in dieser Stellung fixiert.

Links-spirale des Nervus radialis am rechten Humerus u. Rechts-spirale am rechten Radius

Der spiralige Verlauf des Nervus radialis um den Humerus in einer besonderen Rinne des Knochens (S. 305) hat die gleiche Richtung wie die hier beschriebene

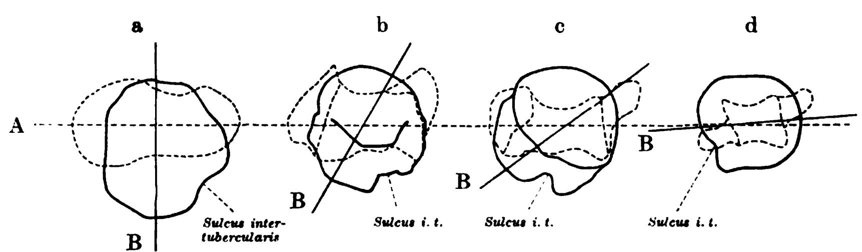


Abb. 155. Torsion des Humerus. Proximale Epiphyse mit ausgezogenem, distale Epiphyse mit gestricheltem Kontur. Die distalen Epiphysen sind so gestellt, daß sie mit den Längsachsen in die durchlaufende Horizontale A fallen. Die Längsachsen der proximalen Epiphysen B (durch Tuberculum majus) bilden mit der Linie A einen Winkel, welcher in der Reihe a—d von 90° bis fast auf 0° sinkt. a) Menschlicher Fetus, 8.—9. Woche. b) Affe (Cynocephalus). c) Neandertaler. d) Rezenter Mensch. Die vier Objekte sind auf ungefähr die gleiche Größe gebracht (Abb. a, c und d aus Martin nach Lambert, Abb. b nach eigenem Präparat).

Torsion des Humerus. Beide sind am rechten Humerus linksgängig, am linken rechtsgängig wie bei Schraubengewinden (Links- und Rechtsschrauben). Der Nerv ist aber unabhängig von der Torsion des Humerus in diese Lage gekommen; die Spirale ist nur nachträglich durch sie stärker torquiert worden (Abb. 152c). Alle primitiven Gliedmaßen der Landtiere, auch die Flossen der Fische, haben Nerven, welche schräg über die Achse der Extremität hinwegziehen (Abb. 158). Soweit die Nerven kaudal vom Gliedmaßengürtel verlaufen (metazonal, S. 228) und also von hinten (kaudal) an den Gliedmaßenstiel herantreten, müssen sie schräg zu diesem liegen, wenn sie den vorderen Rand der Platte erreichen wollen (Abb. 156). Bei der vorderen Extremität nimmt der dorsale Nervus radialis diese Lage von Anfang an ein (Abb. 152a). Er liegt auch beim menschlichen Embryo von vornherein so, lange ehe die Torsion des Humerus einsetzt. Scharf zu unterscheiden ist davon die spiralige Drehung des Nervus radialis um den Radius, welche besonders deutlich wird, nachdem das Schlußstadium des ganzen Prozesses, die Supination, bei aufrechter Körperhaltung erreicht ist (Abb. 152d). Diese Spirale ist gerade umgekehrt gewunden wie die am Humerus; sie läuft am rechten Radius wie eine rechte Schraube, am linken wie eine linke. Eine Rinne für den Nerv wie beim Humerus existiert im Radius nicht, weil der Nerv nicht so unmittelbar auf der Knochensubstanz liegt und die Beziehung zwischen Nerv und Knochen nicht so alt vererbt ist wie zwischen Nerv und Humerus.

Vergleich der Spirale des Nervus peronaeus am Bein mit der Radialis-spirale am Humerus

Bei der hinteren Extremität ist der für die Vorderseite des Oberschenkels bestimmte dorsale Nerv, der Nervus femoralis, nicht kaudal, sondern kranial zum Becken gelegen (prozonal). Deshalb kommt für ihn keine schräge Lage zum Femur in Betracht. Dagegen finden wir eine dem Radialis ähnliche Spirale bei dem dorsalen Nervus peronaeus, welcher metazonal zum Schenkel zieht und um die Fibula herumläuft (Abb. 152a). Diese Spirale ist dem Verlauf des Nervus radialis um den Humerus zu vergleichen (beide entsprechen auf der rechten Körperseite dem Gang von

Linksschrauben), aber nicht der Spirale des N. radialis um den Radius, die entgegengesetzt gerichtet und erst ganz spät am gegenüberliegenden (kranialen) Rande der Extremität entstanden ist. Die Schemata Abb. 158a und b erläutern, wie der Verlauf des Nervus radialis und des N. ischiadicus-peronaeus zu der Extremitätenachse verstanden werden kann (vgl. Abbildungenerklärung). Die Drehungen und Verwindungen der Gliedmaßen führen dazu, daß alle anderen Nerven außer den genannten nicht mehr schräg zur Achse liegen, sondern sich in einen kürzeren Weg stellen und der Richtung der langgestreckten Knochen folgen können. Der gerade Verlauf ist aus dem schrägen d. h. spiraligen abzuleiten und nicht umgekehrt.

In der Entwicklung des menschlichen Embryo ist die allmähliche Ausbildung der Pronation, die gleichzeitig mit der stärkeren Knickung im Ellenbogen vor sich geht, zu verfolgen (Abb. 156a u. b). Der Radius schiebt sich mit seinem proximalen Ende um die Ulna herum (Cirkumduktio) und ermöglicht dadurch die Einknickung nach hinten (analog dem Modell Abb. 152b). Die primäre Linksspirale des N. radialis um den rechten Humerus ist von vornherein ausgebildet und die sekundäre Rechtsspirale um den rechten Radius angedeutet; letztere wird erst im postembryonalen Leben komplett, wenn der Vorderarm supiniert wird.

Vergleich des Radius mit der Tibia, der Ulna mit der Fibula und des Daumens mit der Großzehe (prä- und postaxialer Rand)

Es sind im Vorhergehenden Radius = Tibia, Ulna = Fibula und Daumen = Großzehe als einander entsprechende Teile der Extremitätenpaare aufgefaßt. Die Richtigkeit dieser Vorstellung wird belegt durch den Verlauf der segmentalen Nerven innerhalb der Extremitäten. Andere Vergleiche, welche vielfach versucht worden

M. trapezius
Oberarmmuskeln
Untere Zungenbeinmuskeln
M. rhomboides
M. serratus anterior
Nervengabel und N. radialis
M. latissimus dorsi
Ulna
Ursegmente
M. pectoralis
N. medianus
Radius
Handplatte
12/1
a

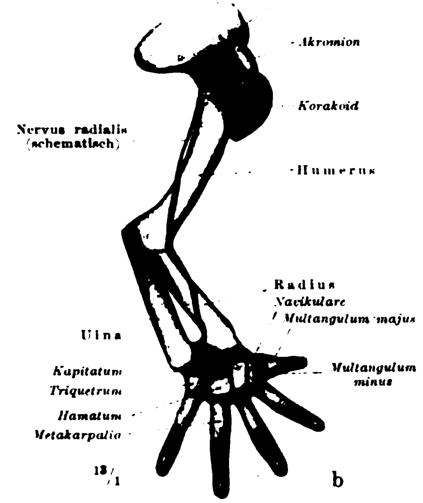


Abb. 156. Skelett der embryonalen oberen Extremität, Stellung wie beim aufrecht stehenden Erwachsenen, laterale Seite. a) Menschlicher Embryo 9 mm Länge, $4^1/_2$ Wochen (Wachsmodell von Bardeen and Lewis 1902). Das Skelett ist auf der bindegewebigen Stufe. Muskelanlagen noch ohne Muskelfasern. b) Menschlicher Embryo 16 mm Länge, etwa 6 Wochen (Wachsmodell von Lewis 1902). Bindegewebiges Skelett dunkel, Knorpel hell. Muskeln weggelassen (Nervus radialis von mir eingetragen: vgl. Abb. 156b mit dem Situationsbild 88).

sind, können mit dem Nervenverlauf nicht in Einklang gebracht werden und sind auch sonst nicht begründet. Es ist zweckmäßig, denjenigen Rand der Extremitätenanlage, in welchem Material des kranialsten Segmentes, das überhaupt beteiligt ist, angetroffen wird, als präaxial, den vom kaudalsten Segment gebildeten Rand als postaxial zu bezeichnen. Die strittige Frage, wo die Achse der Extremität in deren Innern zu suchen sei, wird damit nicht berührt; nur so viel ist damit gesagt, daß die Achse irgendwo zwischen den beiden Rändern gelegen ist. Im Primitivstadium steht der präaxiale Rand, wie aus der ganzen Situation zu den Myotomen zu sehen (Abb. 151) und auch durch die feinere Untersuchung der Nerven zu belegen ist, kranial und der postaxiale Rand kaudal. Bei den folgenden Veränderungen der Lage der Gliedmaßen verändern die Ränder der Extremitäten und ihrer Unterabschnitte ihre Lage gegenüber dem Vorder- und Hinterende des Gesamtorganismus in einer komplizierten und für jede Extremität eigenartigen Weise. Immer aber läßt sich nach der Innervation der Weichteile feststellen, welches der prä- und welches der postaxiale Rand ist. Bei der vorderen Extremität liegen immer Radius und Daumen präaxial, Ulna und Kleinfinger postaxial, bei der hinteren Extremität Tibia und Großzehe präaxial, Fibula und Kleinzehe postaxial. Das ist der Beweis für die hier durchgeführte Theorie.

Hat man sich einmal in die hier gegebenen Anschauungen eingelebt, so wird das Verständnis der Topographie der Skelett- und Weichteile in beiden Gliedmaßen wesentlich gefördert, weil deren mannigfache Beziehungen zueinander auf Grund des geschilderten Entwicklungsganges entwirrbar sind. Die meisten Anordnungen von Nerven, Gefäßen u. v. a. lassen sich, wenn man sie für eine Extremität kennt, leicht auf die andere umrechnen. Es wurde hier auf den geschilderten Entwicklungsgang deshalb eingegangen, weil er die Bedeutung eines Dechiffrierschlüssels hat: der Kundige kann sich viele tote Gedächtnisarbeit damit ersparen.

3. Die Skelettstrahlen der Gliedmaßen: Vergleich der Elemente des Karpus und Tarsus.

Die vier (ursprünglich fünf) distalen Karpalia

Der strahlenförmige Typus des Skelettes, welcher in der Fischflosse einem Kamme mit ansitzenden Zähnen gleicht (Abb. 125), ist bei den Landtieren weniger ausgeprägt, aber doch in den 5 Strahlen der Finger und Zehen und in den an sie anschließenden Metakarpalia und Metatarsalia deutlich erkennbar. Sehr strittig ist die Frage, ob Fortsetzungen der fünf Strahlen in den Stiel der Extremitäten hinein konstatiert werden können.

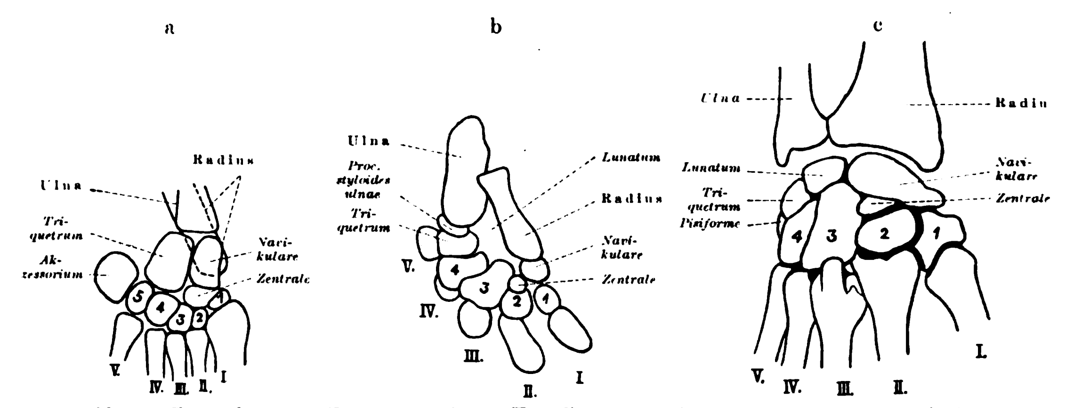


Abb. 157. Entstehung des Karpus, die distalen Karpalia (von präaxial nach postaxial) mit 1—5, die Metatarsalia mit I—V bezeichnet. Dorsalansicht. a) Schildkröte. b) Menschlicher Fetus, etwa 5 Wochen (Rekonstruktion von E. Gräfenberg, Anat. Hefte 1905; Karpalia etwas anders als in Abb. 156b). c) Erwachsener Mensch, Varietät. Das Navikulare ist mit dem Zentrale knöchern verschmolzen. Eine tiefe Furche läuft rings um die Verschmelzungsfläche (rein äußerliche Grenze).

Im Karpus und Tarsus des Menschen unterscheiden wir je eine proximale und distale Reihe von Skelettstücken. Im Karpus (Abb. 157c) heißen die proximalen: Os naviculare, Os lunatum, Os triquetrum, Os pisiforme; die distalen heißen: Os multangulum majus (1), Os m. minus (2), Os capitatum (3), Os hamatum (4). Man sollte erwarten, daß entsprechend den 5 Strahlen auch 5 distale Karpalia statt der 4 genannten vorhanden wären. In der Tat sind bei manchen Reptilien embryonal oder dauernd fünf Stück nachgewiesen (Abb. 157a). Entweder verschmilzt das Carpale distale IV mit dem Carp. dist. V zum Hamatum oder es rückt das Carp. dist. IV durch eigene Vergrößerung an die Stelle des Carp. dist. V vor, nachdem letzteres geschwunden ist.

Auch beim menschlichen Karpus lassen sich die 5 Strahlen ursprünglich bis in die distale Reihe hinein aufweisen. Beim Tarsus ist es ähnlich; die Bezeichnungen der betreffenden Tarsalia sind in Abb. 158b in Klammern zu den Namen der Karpalia hinzugesetzt.

Beim menschlichen Embryo sitzt anfänglich auf dem Hamatum (4) nur das 4. Metakarpale (Abb. 157b); erst bei älteren Embryonen tritt auch das 5. Metakarpale mit dem Hamatum in Verbindung. Bei Erwachsenen trägt das Hamatum regelmäßig beide Metakarpalia (Abb. 157c). Dies entspricht der 2. oben genannten Modalität (kompensatorisches Wachstum des Carpale dist. IV.).

Das Zentrale und Intermedium

Abb. 158b gibt ein Schema (nach Gegenbaur), nach welchem man sich die weitere Fortsetzung der 5 Skelettstrahlen in die proximale Karpal- und Tarsalreihe und in den Stiel der Extremität hinein gedacht hat. Man nennt der Lage nach das Navikulare: Radiale und das Triquetum: Ulnare. Für die Rekonstruktion der zwischen beiden liegenden Strahlen sind in Abb. 157b zwei neue Elemente, Centralia, eingeführt, und das Lunatum ist zwischen den Knochen des Unterarmes gezeichnet (deshalb der Name Intermedium für dasselbe in der vergleichenden Anatomie). Zentralia gibt es bei vielen Reptilien und Säugern in Ein-, Zwei- oder Mehrzahl. Der menschliche Embryo hat regelmäßig ein typisches Karpalelement dieser Art als Knorpelkern (Abb. 157b). Es verschwindet allerdings später (zuerst ventral und oft ganz); individuell kann es als Appendix des Navikulare bestehen bleiben (Abb. 157c). Das andere Postulat des Gegenbaurschen Schemas ist erfüllt bei niederen Tetrapoden (Amphibien, Reptilien), bei welchen 3 Elemente zum Unterarm gehören: außer Ulna und Radius das partiell zwischen ihnen liegende Intermedium. Es rückt nachträglich ganz in die proximale Karpalreihe ein.

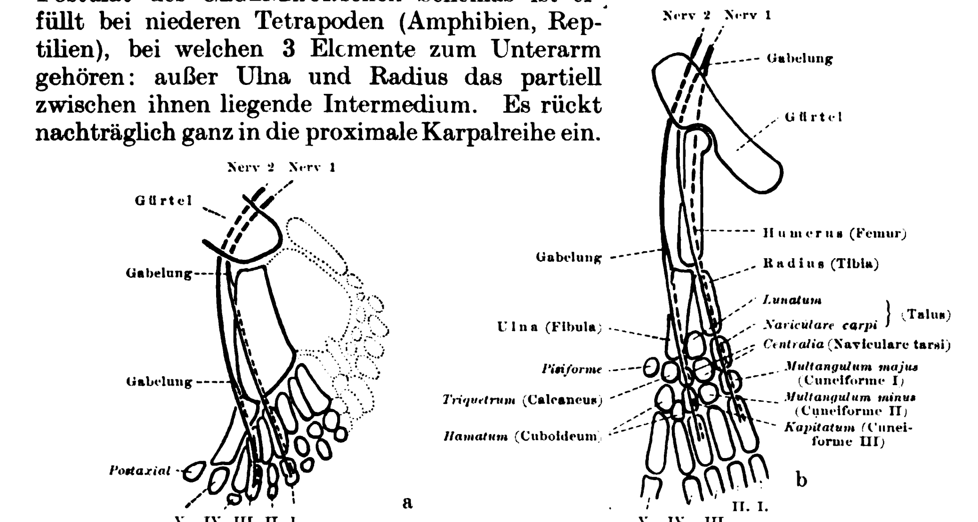


Abb. 158. Skelettstrahlen der vorderen (und hinteren) Extremität. Schema. Dorsalansicht. a) polydaktyle Extremität (Brustflosse eines Haiembryo, Acanthias). Von den drei Basalia, welche dem Schultergürtel ansitzen, ist das dem Humerus vergleichbare schwarz konturiert, die beiden für höhere Tiere nicht in Betracht kommenden sind mit ihren Strahlen gestrichelt. Von den schwarz konturierten Strahlen sind die mit I—V bezeichneten den 5 Fingern der Pentadaktylier vergleichbar. Von den zahlreichen Nerven sind nur 2 gezeichnet. Jeder Nerv gabelt sich in einen dorsalen Ast für die Flossenheber und einen ventralen Ast für die Flossensenker (letzterer punktiert; vgl. die Muskulatur Abb. 125). b) pentadaktyle Extremität (Kombination nach den im Text mitgeteilten Befunden am Karpus der Reptilien und Säuger). Nerv 1 folgt der gleichen Skelettreihe wie in Abb. a (1. Seitenstrahl: Radius, Navikulare, Multangulum majus, Daumen; die vorausgehenden Strahlen von Abb. a existieren in Abb. b nicht). Die Achse der Fischflosse, welche durch Strahl V zu denken ist, fällt in Abb. b in den Kleinfinger (siehe dazu Text S. 304). Das Pisiforme liegt an Stelle des postaxialen Skelettstückes in Abb. a.
Nerv 1 entspricht demjenigen Teil des Plexus brachialis, der sich gabelt in den dorsalen Nervus radialis (ausgezogen) und den ventralen Nervus medianus (gestrichelt). Vgl. Nervengabel in Abb. 156a und Verlauf des N. radialis. Abb. 156b und Abb. 152.
Nerv 2 ist am besten am Bein des Menschen realisiert: er entspricht dort dem Nervus ischiadicus, der sich oberhalb der Fibula teilt in den N. peronaeus (ausgezogen) und den N. tibialis (gestrichelt). Das Hauptkabel des Ischiadikus liegt am Oberschenkel ventral, trotzdem es dorsale Nerven enthält (Abb. 152a). Ähnliches kommt bei Reptilien auch am Oberarm vor (sog. N. crassus). Man stoße sich deshalb nicht daran, daß in Abb. 152 der Nerv am Oberarm und Oberschenkel auf entgegengesetzten Seiten liegt; es entspricht das der tatsächlichen Lage beim Menschen.

Auf Grund des genannten Materials ist ein Vergleich der Skelettstrahlen des Karpus und Tarsus mit der Fischflosse wohl durchführbar. In Abb. 158a sind diejenigen Strahlen, welchen die pentadaktyle Extremität entspricht, durch schwarze Konturen hervorgehoben. Das Skelettstück, welches sie mit dem Gürtel verbindet, ist dem Humerus vergleichbar. Man braucht sich nicht auf jedes Detail des in Abb. 158 gegebenen Vergleichs festzulegen, aber im wesentlichen ist die genetische Ableitung möglich.



Im Karpus des menschlichen Embryo liegt anfangs zwischen Radius und Ulna vorübergehend ein dreieckiges vorknorpeliges Feld, in welchem das Intermedium entstehen sollte (Verweisungsstrich: Lunatum, Abb. 157b). Statt dessen bildet sich das Lunatum an seinem definitiven Platz und zwar zuletzt von allen Karpalia; das wird so gedeutet, daß das Gewebe in vorknorpeliger Form aus dem dreieckigen Feld des Unterarmes nachträglich in den Karpus eintritt (Abb. 156b) und dann erst verknorpelt. Im Tarsus des Menschen ragt der Talus, welcher dem Intermedium partiell entspricht, dauernd zwischen Fibula und Tibia hinein.

Bei wasserlebenden fossilen Reptilien (Ichthyosaurier, Plesiosaurier u. a.) ist die Reihenbildung am deutlichsten. Deshalb ist sie auch als Anpassung an die Lebensweise, nicht als Erbteil früherer Zustände aufgefaßt worden. Aber die Landtiere haben so viel davon, daß an einer genetischen gemeinsamen Ursache nicht zu zweifeln ist.

Ungelöst ist die Frage, ob die Achse der Fischflosse, von welcher die Seitenstrahlen einreihig (uniserial) oder zweireihig (biserial) entspringen können, noch in den Extremitäten der Landtiere nachzuweisen sei. Die in Abb. 158a eingetragenen Ziffern I—V geben nur in provisorischer Weise an, welchen Fingern sie etwa entsprechen dürften; nur so viel kann als sicher gelten, daß die Achse durch die Ulna (Fibula) und nahe dem postaxialen Rand verläuft (wie bei Fischen).

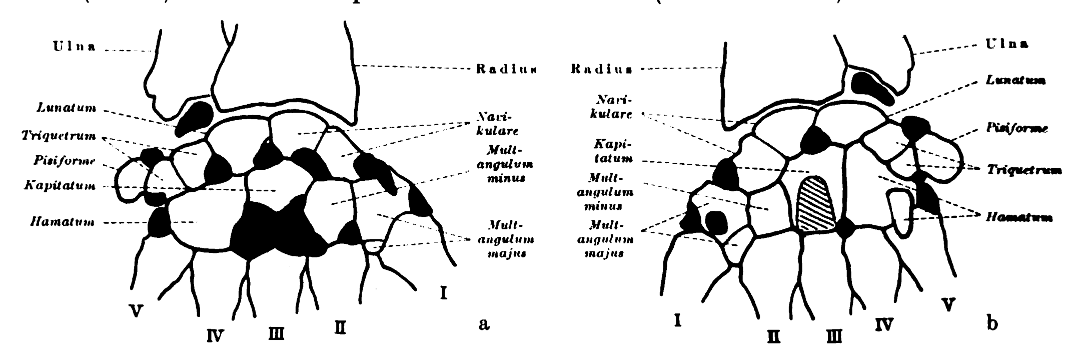


Abb. 159 Überzählige Karpalia des Menschen, Schema (Umzeichnung nach Pfitzner, Zeitschr. Morph. Anthrop. 1900). a) Dorsalseite. b) Volarseite. Rechter Karpus mit 30 Karpalia. Alle Knochen sind in einer Fläche ausgebreitet. Die regelmäßig vorkommenden Elemente weiß, die wechselnden Elemente rot. Überschüssige Spaltlinien rot. Das ventral auf dem Kapitatum liegende Akzessorium (Subkapitatum) schraffiert. Es sind nur die Namen des normalen menschlichen Karpus angegeben. Von den variablen Stücken sind die am Rande gelegenen in beiden Abbildungen zu sehen; die übrigen sind entweder in Abb. a oder Abb. b, aber nicht in beiden sichtbar.

Überzählige Strahlenreste und Sesambeine (Pisiforme, Patella)

Ebenso ist fraglich, ob nicht manchmal Reste von mehr als 5 Strahlen, insbesondere am postaxialen Rand der Extremitäten, als Rudimente erhalten sind. Das Pisiforme wird als solches aufgefaßt, von manchen auch das Ausgangsmaterial der Patella. Doch sind diese und andere Elemente bei Tieren (Präpollex, Postminimus) weit eher Sesambeine, die unabhängig vom kanonischen Bestand der Urextremität entstanden sind. Die Pathologie kennt zahlreiche Fälle, in welchen Knorpel und Knochen selbständig auftreten können (in Blutgefäßwandungen, in der Niere, Milz u. a. O.); es ist ähnliches in den Extremitäten nicht abzuweisen, allerdings die Grenze zwischen den kanonischen und akzessorischen Bausteinen schwer zu ziehen (S. 76).

Da die wechselnden Einschiebsel der menschlichen Hand gelegentlich bei Röntgenuntersuchungen bemerkt und mit Verletzungen (Absprengungen) verwechselt werden, gebe ich ein Bild (Abb. 159), welches alle Spaltungen und Vermehrungen der kanonischen Elemente, die in Einzelfällen beobachtet sind, vereinigt (wie das bekannte Phantom, welches alle Pferdeschäden an einem Roß aufweist). Es kann z. B. die senkrechte Spalte zwischen den beiden Teilen des Naviculare carpi (rot), die beim Fetus knorpelig getrennt sind und gelegentlich separat verknöchern, im Röntgenbild für eine Fraktur gehalten werden.

4. Die drei Armknochen: Humerus, Radius, Ulna.

a) Oberarm.

Humerus Abb. **96**, **127**, 128, 129, 174, 175, 191

Der Humerus, der einzige Knochen des Oberarms, ist zwischen 26 und 38 cm lang, je nach der Größe des Individuums, rechts durch Mehrgebrauch

bei Rechtsbändern ein wenig länger und massiger als links. Beim Mann ist er besonders robust. Sein oberer Gelenkkopf hat infolgedessen Grenzwerte des vertikalen und horizontalen Durchmessers (45—46 mm und 41—42 mm), die man geschlechtsdiagnostisch verwerten kann; denn unter diese Schwelle gehen männliche Humeri nicht herunter. Der Oberarmknochen ist das Schulbeispiel eines geraden Röhrenknochens. Das Mittelstück, Corpus, ist auf dem Querschnitt rund, an manchen Stellen wegen der Muskelmarken mehr dreieckig oder oval, bei manchen Rassen auch etwas abgeplattet. Das Periost sitzt relativ locker auf; bei Zertrümmerungen können sich Knochenfragmente unschwer vom Periost loslösen und später absterben (Nekrose).

Proximales Ende des Humerus

Die Details des proximalen Knochenendes, welches im Dienst des Schultergelenks und der Brustschultermuskeln steht, sind früher geschildert. Zu erinnern ist daran, daß der Gelenkkopf, Caput humeri (Abb. 96), durch das Collum anatomicum gegen zwei Muskelhöcker abgegrenzt ist. Der eine, das Tuberculum majus, hat drei Fazetten (Ansätze des M. supraspinatus, infraspinatus und Teres minor, Abb. 128, 129), der andere das Tuberculum minus, ist unfazettiert (Ansatz des M. subscapularis, Abb. 128). Zwischen den Tuberkula und dem Humerusschaft liegt das Collum chirurgicum (Abb. 96). Man versteht darunter die Stelle, an welcher die Muskelhöcker aufhören und der Knochen zylindrisch wird; ihr Niveau liegt zwischen dem Ansatz des M. subscapularis und M. latissimus. Unten vorn nähern sich beide Kolla bis zur Berührung. Der Knochen kann eher im unteren als im oberen Kollum brechen, weil es den geringeren Querschnitt hat; dies ist die Wichtigkeit der Stelle für den Chirurgen und hat ihr den Namen gegeben. Die Epiphysenlinie des jugendlichen Knochens liegt zwischen beiden Linien etwa da, wo der Knochen den größten Querschnitt hat (Abb. 148). Von jedem Tuberkulum setzt sich je eine Muskelleiste eine Strecke weit auf den Schaft fort; die eine heißt Crista tuberculi majoris (Insertion des M. pectoralis major, Abb. 128); die andere heißt Crista tuberculi minoris (Insertion des M. teres major und M. latissimus). Zwischen den Tubercula und Cristae liegt vertieft der Sulcus intertubercularis (für die Sehne des langen Bizepskopfes, siehe Armmuskeln, Abb. 148, 155).

Humerusschaft

Der Humerusschaft, Mittelstück, Corpus, trägt außen die Tuberositas deltoidea (Insertion des M. deltoides, Abb. 127, 128). Von hier an wird der Knochen distalwärts prismatisch. Eine vordere und zwei seitliche Kanten zerlegen die Oberfläche in eine Facies anterior medialis, F. anterior lateralis und F. posterior (Abb. 128, 127). Die laterale der beiden Seitenkanten, Margo lateralis, biegt nach oben auf die Facies posterior ab und begrenzt medialwärts die spiralige Knochenrinne für den Nervus radialis, Sulcus nervi radialis (Abb. 129; siehe S. 300). Der Margo medialis (Abb. 127) geht gerade in die Höhe. Hinten neben ihm liegt etwas unterhalb der Mitte des Knochens das Foramen nutricium (Canalis nutricius dringt schräg von oben nach unten in die Knochensubstanz hinein, Abb. 160). Ein zweites Foramen mit gleicher Kanalrichtung kann neben der Crista tub. min. vorkommen.

Distales Ende des Humerus

Das distale Ende des Humerus erhält sein Gepräge durch die Beziehung zum Ellenbogengelenk und zu den Beuge- und Streckmuskeln des Unterarms. Das Verständnis für die feinere Skulptur wird erst weiter unten in zusammenhängender Betrachtung mit den Weichteilen zu gewinnen sein. Der Knochen lädt besonders medial in einem durch die Haut sicht- und fühlbaren Muskelhöcker aus (Abb. 96): Epicondylus medialis (Ursprung vieler Beugemuskeln des Unterarms: Mm. pronator teres, flexor carpi radialis et ulnaris, palmaris longus, flexor digitorum sublimis, flexor pollicis longus, Abb. 128, 129). Hinter dem Höcker verläuft der Nervus ulnaris im Sulcus nervi ulnaris (Abb. 175), in dem er leicht gedrückt werden kann („Mäuschen"). Der Margo medialis des Schaftes wird allmählich höher und setzt sich schließlich stark ansteigend in den Epicondylus medialis fort; er dient selbst als Muskelleiste. Der Margo lateralis läuft allmählicher in den Epicondylus lateralis, den Muskelhöcker für viele Streckmuskeln des Unterarms, aus (Abb. 127; Ursprung der Mm. extensor carpi radialis longus et brevis, extensor digit. communis, anconaeus, Abb. 128, 129). Er liegt versteckt zwischen den Muskeln und ist äußerlich nicht sichtbar, aber leicht durch die Haut zu tasten. Zwischen beiden Epikondylen ist der Knochen so breit, daß medial die Gelenkrolle für die Ulna, Trochlea humeri, und lateral das Gelenkköpfchen für den Radius, Capitulum humeri, nebeneinander Platz haben (Abb. 96). Vorn liegt oberhalb der Trochlea die Fossa coronoidea und oberhalb des Kapitulum die Fossa radialis, hinten

oberhalb der Trochlea die Fossa olecrani (Abb. 191). In diese Gruben fassen die oberen Enden der Unterarmknochen beim Beugen und Strecken des Armes ein. Die Fossa olecrani kann individuell in die Fossa coronoidea perforieren und der Ulna ermöglichen sich gegen den Humerus zu überstrecken (bis zu 20° oder sogar 25°, besonders bei Frauen).

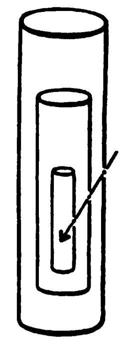


Abb. 160. Richtung des Canalis nutricius des Humerus, Schema. Drei verschiedene Größen des wachsenden Knochens ineinander gezeichnet. Die relative Stellung ist dadurch bedingt, daß das proximale Ende stärker wächst als das distale. Das Foramen nutricium als Punkt in der Mitte jedes der drei Knochen markiert. Der Pfeil gibt die Richtung des Kanals an.

Ossifikation des Humerus

Die Verknöcherung beginnt perichondral in dem einheitlichen Knorpel der Humerusanlage (Diaphyse) während der 8. Fetalwoche. Die obere Epiphyse fördert das Längenwachstum mehr als die untere. Der Canalis nutricius ist infolgedessen schräg nach oben gerichtet (Abb. 160); denn die hinzukommenden äußeren periostalen Lamellen werden in einem höheren Niveau halbiert als die älteren, inneren Lamellen. Die proximale Epiphyse verknöchert mit einem Hauptkern erst nach der Geburt (1.—2. Lebensjahr, Abb. 162); 1—2 akzessorische Kerne für die Muskelhöcker folgen im 2.—5. Lebensjahr. Sie verschmelzen untereinander im 4.—6., mit der Diaphyse erst im 20.—25. Lebensjahr. Die untere Epiphyse hat mehrere separate Kerne (Abb. 191), die spät erscheinen (2.—10. Lebensjahr) und im 16.—18. Jahr miteinander und auch mit dem Schaft verschmelzen (der Kern des Epicond. medialis zuletzt).

Die obere Epiphysenscheibe besorgt infolgedessen allein das spätere Wachstum. Auch nach dem Verschwinden des Knorpels bleibt die Stelle an der Anordnung der Knochenbälkchen noch lange kenntlich. Operative Eingriffe oder eitrige Einschmelzungen, die sie vor dem 20. Jahr, dem Abschluß des Wachstums, treffen, können Verkürzung des ganzen Humerus im Gefolge haben, während bei dem distalen Humerusende nach dem 17. Jahr nichts mehr zu befürchten ist.

Außen liegt die obere Epiphysenscheibe extrakapsulär (Abbildung 148), innen intrakapsulär. Während der Geburt kann sie durch Manipulationen bei künstlicher Entbindung von der Diaphyse gelöst werden; sie ist in solchem Fall durch den überwiegenden Zug der Außenrotatoren (Tuberculum majus) verhindert, in richtiger Stellung wieder mit dem Schaft zu verwachsen.

Die untere Epiphysenscheibe liegt fast ganz innerhalb des Gelenkes (Abb. 191); sie ist wegen dieser Situation weniger gut ernährt, für das Längenwachstum nicht so wichtig wie die obere und verschwindet deshalb früher. Die Hauptscheibe wird durch eine Linie bestimmt, die man vom unteren Rand des Epicondylus medialis zum oberen Rand des Epicondylus lateralis zieht; sie kann von Wichtigkeit sein für Knochenbrüche und erklärt, warum die in der Kapsel festgehaltenen Absprengungen sich kaum verschieben.

Abb. 161. Canalis und Processus supracondyloideus. a) Katze, injiziertes Blutgefäß (Art. brachialis) in dem Kanal. b) Erwachsener Mensch, Varietät. Der Pfeil gibt den Verlauf des Nervus medianus und der Art. brachialis an.

Nerven- und Gefäßkanäle (Processus supracondyloideus)

Ein Relikt aus der Vorgeschichte ist der beim Menschen gelegentlich vorkommende Processus supracondyloideus (s. Proc. folianus, Abb. 161b). Viele Reptilien und Säuger haben einen oder zwei Kanäle für den Durchtritt von Nerven und Gefäßen, Canalis ect- und entepicodyloideus. Besonders der letztere ist bei Säugern im Zusammenhang mit der Pronation des Unterarms weit verbreitet (Abb. 161a). Eine Andeutung in Form eines fibrösen Stranges, der bei der Mazeration verschwindet, ist beim Menschen sehr häufig. Der Nervus medianus zieht zwischen Knochen und Strang hindurch wie durch den einstigen knöchernen Kanal. Am mazerierten Humerus sieht man nichts oder nur eine kleine, dem fibrösen Strang als Ansatz dienende Rauhigkeit. Knöcherne Spangen von größerer Ausdehnung sind selten.

Die Kanäle sind theoretisch interessant, weil sie bezeugen, daß auch am Arm Nerven und Gefäße der einen Seite (Beugeseite) auf die andere (Streckseite) verlagert sein können, wenn es die Gestaltung des Skeletts erfordert. Beim Oberschenkel

liegt umgekehrt der dorsale N. peronaeus der ganzen Länge des Femur nach ventral (innerhalb des Nervus ischiadicus, Abb. 152).

Blutzufuhr: Außer dem Canalis nutricius, welcher wesentlich den Blutverkehr mit dem Knochenmark vermittelt (S. 49), gibt es mehrere größere Gefäßporen in der Nähe der Epiphysenfugen: metaphysäre Gefäße (Abb. 162). Sie liegen noch innerhalb der Diaphyse am Ansatzpunkt der Kapsel, ziehen im Innern des Knochens auf die Epiphyse hin und durchbohren manchmal den Fugenknorpel der jugendlichen Knochen. Andere gröbere Gefäße dringen da in die Epiphyse ein, wo sie außerhalb der Kapsel liegt: epiphysäre Gefäße. Es gibt außerdem unzählige feinste Poren für periostale Gefäße, welche in die Kortikalis des Knochens eindringen (VOLKMANNsche Kanäle, S. 48).

b) Unterarm.

Allgemeines über Radius und Ulna Abb. 149, 174, 175

Es gibt zwei Unterarmknochen, die Speiche, Radius, und die Elle, Ulna. Sie sind in der Mitte etwa gleich dick. Doch wird der Radius nach der Hand zu dicker, die Ulna dünner. Umgekehrt wird die Ulna nach dem Ellenbogen zu dicker, der Radius dünner. Die Gesamtsumme der stützenden Knochensubstanz bleibt so für jeden Querschnitt ungefähr gleich trotz der ganz verschiedenen Ausgestaltung beider Knochenenden. Die Ulna ist oben dicker, weil sie hauptsächlich die Verbindung mit dem Humerus übernimmt, den sie hakenförmig umklammert. Der Radius ist unten dicker, weil er ausschließlich die Handknochen trägt. Diese Arbeitsteilung kommt der Drehung des Unterarmes zugute (Pro- und Supination).

Beide Unterarmknochen bilden in der Normalstellung des Armes mit dem Humerus einen fast gestreckten Winkel, der nach außen offen und individuell verschieden groß ist (Kubitalwinkel; durchschnittliche Größe 170° beim Manne und 168° beim Weibe, Extreme 154° und 178°). Kapitulum und Trochlea steigen schief von innen nach außen an und stehen schräg zum Schaft des Knochens (Abb. 149a, Schaftachse punktiert). Die gerade Fortsetzung des Humerus geht infolgedessen weiter distal nicht parallel der Längsachse einer der Unterarmknochen, sondern durch das distale Ende der Ulna oder meistens sogar innen von ihr in die Hand hinein oder an der Hand vorbei. Diese Armstellung entspricht dem X-Bein; nur ist der X-Arm normal, das X-Bein abnorm. Wir bemerken die physiologische Schiefstellung des Unterarmes weniger als die abnorme des Unterschenkels, weil bei der gewöhnlichen Ruhelage des Armes in mäßiger Pronation (S. 405) der Radius so um das distale Ende der Ulna herumgeführt ist, daß er in die verlängerte Achse des Humerus zu liegen kommt (wie in der vollen Pronation, Abb. 149b).

Abb. 162. Knochenarterien eines neugeborenen Kindes. Injektion mit Quecksilber, Röntgenaufnahme (nach Lexer, Kuliga u. Türk, Berlin 1904. Tafel 4 u. 9). a) Humerus, in der Kompakta rechts drei Volkmannsche Kanäle teilweise injiziert. Vor allem im oberen Knochenende zahlreiche Rami perforantes, welche von den metaphysären Arterien der Diaphyse in die Epiphyse vordringen. Am unteren Ende sind sie auch vorhanden, aber zarter. b) Metakarpale des Daumens.

Künstler bevorzugen diese Stellung und verdecken für den Unkundigen dadurch den X-Arm. Sehr deutlich ist er oft bei Frauen und Mädchen, welche in

extremen Fällen die supinierten Unterarme horizontal vor dem Rumpfe so sehr einander nähern können, daß sie sich vom Ellenbogen ab bis zur Kleinfingerspitze völlig berühren. Man hat die Schwierigkeit, die das Werfen von Steinen u. dgl. der Frau zu machen pflegt, mit dem hochgradigen X-Arm in Zusammenhang gebracht.

Geringe Grade der X-Armstellung sind ohne Zweifel für den Gebrauch des Armes günstig; denn die Diagonalachse des Unterarmes hat dadurch bei gestrecktem Arm die gleiche Richtung wie die Rotationsachse des Oberarmes (Abb. 149a). Kreiselbewegungen des gestreckten Armes vollziehen sich um die letztere; auf diese Weise ergänzen oder vertreten Rotationen im Schultergelenk die Pro- und Supinationen im Unterarm. Man nennt die Kombination beider Bewegungen Hyperpronation und Hypersupination (Abb. 149c). Doch machen wir keineswegs nur die extremen Ausschläge im Schulterapparat. Man erkennt sie, wenn man die Epikondylen des Humerus genau betrachtet und befühlt: bewegen sie sich mit, so ist der Schulterapparat beteiligt, sonst nicht. Beugt man den Arm im Ellenbogen, so wird die Kreiselung des Oberarmes und Unterarmes in zwei ganz verschiedene Bewegungen zerlegt und der Unterschied zwischen beiden ist dann besonders sinnfällig (S. 284). Aber die Bedeutung des physiologischen X-Armes liegt gerade in der Streckstellung.

Auf dieser Stellung beruht es zum Teil, daß der Epicondylus medialis des Humerus besonders prominiert. Denn abgesehen von seiner eigenen Größe ist er als Scheitelpunkt des Armwinkels der vorspringendste Punkt des inneren Armkonturs, mag der Unterarm stehen wie er will (Abb. 149a, b). Er ist am Lebenden eine der augenfälligsten und wichtigsten Marken für die Untersuchung der Knochen (Abb. 163, 169, 171). Betrachtet man die beiden Epikondylen des Humerus vom Oberarm aus, so stehen sie quer zur Längsrichtung des Knochens und fast gleich hoch; in bezug auf den Unterarm stehen sie schräg zur Längsrichtung und ungleich hoch, der mediale höher als der laterale.

Der kubitale Armwinkel setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen. Er ist nicht nur durch die oben erwähnte schräge Richtung des distalen Humerusendes gegen den Humerusschaft bedingt (oberer Quadrant des Kubitalwinkels, Abb. 149a), sondern auch durch die schiefe Stellung der proximalen Enden der Unterarmknochen gegen deren Achse (unterer Quadrant). Letztere kann die Abweichung des distalen Humerusendes für den gesamten Kubitalwinkel verstärken oder verkleinern. Auch andere Momente spielen mit.

Häufig ist eine starke X-Armstellung mit Überstreckung vergesellschaftet. Die pathetische Gebärde des Schauspielers oder Sängers, der den Arm gen Himmel streckt, enthüllt oft kraß ein körperliches Zuviel in dieser Richtung. Die klassische und klassizistische Kunst vermeiden streng, Derartiges wiederzugeben.

Verbindet man beide Epikondylen miteinander, Epikondylenlinie, so fällt beim gestreckten Arm die oberste Kante der Ulna (Olecranon) in diese Linie; bei stärkster Streckung tritt sie etwas höher. Man erkennt daran indirekt, daß die Gelenkflächen der Knochen, die nicht unmittelbar zu fühlen sind, richtig zu einander stehen. Bei Brüchen oder Verrenkungen ist die abnorme Verlagerung der Gelenkflächen daraus zu folgern, daß das Olekranon aus der Epikondylenlinie stark herausgerückt ist, am häufigsten nach oben (proximal und dorsal). Doch ist immer nur die Streckstellung maßgebend. Denn in der Beugestellung verläßt auch in der Norm das Olekranon die genannte Linie, um unter sie (distal) und bei extremer Beugung unter und vor sie zu treten (distal und ventral).

Die Ulna ist als Maß direkt und indirekt viel benutzt worden, z. B. der Abstand zwischen dem Ellenbogen bei gebeugtem Arm und einem der Knöchel der Mittelhand. Die früher übliche „Elle" war nach ihr benannt; sie hatte örtlich wechselnde Länge (vlämische, preußische Elle etc.; die am Arm des Verkäufers abgemessenen Stoffe und Gewebe heißen „Ellenwaren"). Die mittlere Länge der Ulna beträgt 25—27 cm, des Radius 23—25 cm.

Membrana interossea Abb. 174, 179

Die Membrana interossea, welche Ulna und Radius verbindet, ist ein wichtiger Bestandteil des Unterarmskeletts, weil die Achse für die Pro- und Supination vom proximalen Ende des Radius durch sie hindurch zum distalen Ende der Ulna verläuft (Abb. 149a, ausgezogene Linie). Wir nennen sie deshalb Diagonalachse des Unterarms. Die Membran besteht aus straffen bindegewebigen Faserzügen; sie liegen annähernd in der Richtung der diagonalen Achse



(Abb. 174), behalten infolgedessen bei den Bewegungen der beiden Knochen gleichen Abstand von den Befestigungspunkten an diesen und sind immer gleich straff. Sie verhindern eine Parallelverschiebung der Unterarmknochen in bestimmter Richtung gegeneinander. Jede Gewalt, die den Radius in der Längsrichtung gegen den Humerus treibt, wird augenblicklich von der Ulna mit aufgefangen und gebremst.

Für den Muskelhöcker des oberen Radiusendes (Tuberositas radii) und die an ihm befestigte Bizepssehne ist eine Lücke in der Membran ausgespart (Abb. 194). Eine besondere Verstärkung, Chorda obliqua, begrenzt den unteren Rand der Lücke und schließt zugleich ein weiteres Loch (oder eine Gruppe von Löchern) ab, welches Gefäßen zum Durchtritt auf die Dorsalseite dient (Vasa interossea superiora). Die Fasern der Chorda obliqua verlaufen gerade umgekehrt wie die der Membran im allgemeinen. Auch im distalen Abschnitt existieren Durchbrechungen für Gefäße (Vasa interossea inferiora) und Abweichungen der Faserrichtung von der Diagonalachse. Es können auch sonst längs verlaufende Faserzüge den typischen Schrägfasern aufgelagert sein, besonders dorsal.

Das Ligamentum interosseum ist die Grenzebene zwischen dorsalen und ventralen Weichteilen (Abb. 165b); es ist überall von den Ursprüngen der beiderseitigen Muskeln in Anspruch genommen. Die beiden Knochen, die es verbindet, liegen auch bei supiniertem Arm nicht genau in seiner Ebene. Weder Radius noch Ulna sind gerade Röhrenknochen wie der Humerus, sondern in zweierlei Richtung gebogen. Erstens sind sie nach links und rechts gekrümmt und mit der Konkavität einander zugewendet (bei supiniertem Arm). Zweitens ist die Ulna dorsalwärts, der Radius ein wenig volarwärts aus der Ebene der Membran herausgekrümmt. Es kommen aber viele Varianten vor. Bei der Pronation fassen die gekreuzten Knochen ineinander wie zwei ineinandergelegte Hände. Die Drehbewegung fällt deshalb viel ausgiebiger aus. Die Relation zwischen der Breite des Spatium interosseum und der Länge der Unterarmknochen ist immer ungefähr gleich, mögen die beiden Knochen im einzelnen (individuell und bei verschiedenen Rassen) noch so verschieden gekrümmt sein. Beide sind dreikantig mit einer scharf ausgeprägten Ansatzleiste für die Membran, Crista interossea.

Detailformen des Radius

Die Detailformen des Radius und der Ulna sind beherrscht durch die Beziehungen zu den Muskelbefestigungen und Gelenken, welche später im einzelnen zu behandeln sind. Hier seien die wichtigsten Bezeichnungen rein deskriptiv zusammengestellt.

Proximales Ende, Abb. 96, 170, 191

Am proximalen Ende des Radius unterscheidet man das Capitulum radii (Abb. 96, rechte Seite) mit einer flachen, tellerförmigen Gelenkgrube auf der Stirnfläche, Fovea capituli (Abb. 191), in welche das Capitulum humeri hineinpaßt, und mit einer schmalen, bandförmigen Gelenkfläche, Circumferentia articularis, welche rings um das Speichenköpfchen herumläuft (Abb. 170). Beide sind überknorpelt. Das Kapitulum ist gegen das Mittelstück, Corpus, abgesetzt durch das Collum radii (Abb. 175). Meistens ist das Köpfchen gegen den Schaft seitlich etwas abgeknickt, und zwar nach außen und rückwärts, Kollodiaphysenwinkel. Diese Biegung hängt mit dem kubitalen Armwinkel (S. 308) und dem Ineinandergreifen der Unterarmknochen bei der Pronation zusammen.

Mittelstück Abb. 165b, 174, 175

Das Mittelstück des Radius, Corpus, trägt medial einen Muskelhöcker Tuberositas radii (hinten: Insertion des M. biceps brachii; vorn: Schleimbeutel für die Sehne des Bizeps, Abb. 194). Der Ulna zugewendet liegt die scharfe Crista interossea; sie scheidet die Facies volaris von der Facies dorsalis. Die Facies lateralis ist durch stumpfe Kanten gegen die beiden anderen abgegrenzt, Margo volaris et dorsalis. Der Querschnitt hat im allgemeinen prismatische Form (Abb. 165b). Ein Foramen nutricium liegt auf der Facies volaris am Ende des proximalen Drittels des Knochens. Der Kanal verläuft aufsteigend in die Knochensubstanz hinein, ist also gerade umgekehrt gerichtet wie beim Humerus (für die Blutzufuhr zur Diaphyse des Knochengewebes selbst kommen gröbere metaphysäre Gefäße an beiden Enden und zahlreiche feine Periostalgefäße in Betracht, vgl. S. 307).

Distales Ende Abb. 174,

Das distale Ende des Radius ist auf der Vorderfläche glatt, auf der Hinterfläche rauh durch dorsale Längsrinnen für die Sehnen von Handmuskeln. Die Knochen-



175, 179, 197, 203 furchen sind durch Bindegewebssepten zu osteofibrösen Kanälen ergänzt, die als Gleithülsen in ganz bestimmten Beziehungen zu den Sehnen stehen und sie dirigieren. Man sieht und fühlt das durch die Haut am besten bei der langen, schräg zum Daumen verlaufenden Sehne (M. extensor pollicis longus), welche durch eine besonders hohe Knochenkante verhindert wird, aus ihrer Rinne abzugleiten (Krista in der Mitte der Dorsalfläche des Radius, Abb. 179). Wegen der einzelnen Beziehungen siehe Abb. 175, 179 und den Abschnitt: dorsale Muskeln des Unterarms.

Ein Ausschnitt an der medialen Seite des Knochens ist überknorpelt und dient dem Ellenköpfchen als Pfanne, Incisura ulnaris. Die distale Stirnfläche ist ebenfalls überknorpelt, und zwar in zwei Fazetten (Artikulationsflächen für das Navikulare und Lunatum carpi, Abb. 197). Lateral wird die Gelenkfläche für die Hand vom Griffelfortsatz, Processus styloides radii, überragt.

Palpation am Lebenden Man kann den Griffelfortsatz bei mageren Leuten sehen und bei allen Menschen fühlen. Von hier aus aufwärts läßt sich etwa handbreithoch die Außenfläche des Knochens durch die Haut abtasten; weiter oben ist er von Muskeln eingehüllt (Abb. 132, Vorderrand). Doch kann man wieder das Capitulum radii deutlich fühlen in einer Grube, die dorsal unter dem Epicondylus lateralis liegt. Diese Stelle ist nützlich für die Palpation des Gelenkes, da der Finger des Untersuchers bis an das oberste Ende des Radius und an den Gelenkspalt gelangt. Besonders bei Verdacht auf Bruch des Knochens ist es wichtig, Bewegungen dieser Stelle mit Bewegungen des Griffelfortsatzes zu vergleichen.

Ossifikatio Die Verknöcherung des Radius beginnt perichondral in der Mitte der Diaphyse der einheitlichen Knorpelanlage in der 8. Fötalwoche (etwas später als beim Humerus). Der Kern der distalen Epiphyse erscheint im 2.—4. Lebensjahr, der proximale später (im Kapitulum im 5.—7. Lebensjahr). Die Termine für das Verschwinden der Epiphysenscheibe fallen in die Pubertät; umgekehrt wie bei der ersten Ossifikation geht das proximale Ende jetzt dem distalen voran. Der Knochen wächst also vornehmlich am distalen Ende. Dem entspricht die Richtung des Canalis nutricius (S. 306; im 16.—20. Jahr verschmilzt die obere, im 19.—21. Jahr die untere Epiphyse mit dem Korpus. Es gibt manchmal akzessorische Kerne oben in der Tuberositas radii und unten im Processus styloides).

Detailformen der Ulna, proximales Ende. Abb. 170, 190, 193 Das proximale Ende der Ulna trägt einen tiefen Einschnitt, Incisura semilunaris (Abb. 170), welcher wie eine Zange die Rolle des Oberarmknochens umfaßt (Abb. 190). Eine Leiste teilt die Inzisur in eine kleinere laterale und größere mediale Fläche (Abb. 193). Sie legt sich als Führung in die Kerbe der sanduhrförmigen Trochlea humeri. Der laterale Teil der Incisura semilunaris ist besonders klein, weil aus dieser Seite eine Höhlung ausgespart ist, Incisura radialis, in welche die Circumferentia articularis radii paßt. Beide Gelenkflächen tragen Knorpelüberzüge mit Ausnahme einer Querfurche in der Tiefe der Incisura semilunaris, die vom medialen Rand ausgeht. Das vordere kleinere Horn der Halbmondpfanne heißt Processus coronoideus, das hintere größere Olekranon. Beide vergrößern die Pfanne, das letztere ist gleichzeitig Muskelhöcker (M. triceps brachii) und je nach der Stärke der Muskulatur verschieden groß. Seine Hinterfläche ist durch die Haut sicht- und fühlbar (Abb. 132). Im allgemeinen hat der rezente Mensch ein kleineres Olekranon als die ihm zunächst stehenden Tierformen. Das Olekranon kann gegen das Korpus nach vorn oder hinten seitlich etwas abgeknickt stehen (ebenso auch das ganze proximale Ende der Ulna gegen den Schaft). Vorn unter dem Proc. coron. sitzt eine Rauhigkeit, Tuberositas ulnae (Insertion des M. brachialis, Abb. 170, 174).

Mittelstück Abb. 165b, 174, 175 Das Mittelstück der Ulna, Corpus, geht allmählich in das proximale Ende über, die Grenze ist nicht scharf wie beim Radius. Die Crista interossea ist dem Radius zugewendet (Abb. 174) und stärker als bei jenem ausgebildet. Der Querschnitt ist prismatisch, die Querachse stellenweise fast doppelt so groß wie die Sagittalachse. Flächen und Kanten werden wie beim Radius bezeichnet (Abb. 174, 175), nur gibt es statt einer Facies lateralis eine F. medialis. Gelegentlich ist unterhalb der Incisura radialis auf der Facies dorsalis eine Crista m. supinatoris deutlich. Das Foramen nutricium liegt wie beim Radius auf der Facies volaris, am Ende des proximalen Viertels des Knochens (über Richtung des Canalis nutricius und metaphysäre Gefäße gilt das gleiche wie beim Nachbarknochen).

Distales Ende. Abb. 174, 175, 179, 197 Das distale Ende der Ulna ist dünner als das proximale Ende. Es trägt das Capitulum ulnae, ein überknorpeltes Gelenkköpfchen mit ähnlichen Einrichtungen wie das proximale (!) Gelenkköpfchen des Radius. Auch hier ist eine Circumferentia articularis gebildet, welche in die Incisura ulnaris des distalen Radiusendes hineinpaßt (Abb. 179, 208). Die Stirnfläche ist nicht muldenförmig vertieft wie beim Radiusköpfchen, sondern konvex. Sie wird überragt vom Pro-



cessus styloides ulnae. Dorsal ist eine Sehnenrinne in das distale Ende der Ulna eingegraben (M. ext. carpi ulnaris).

Man fühlt und sieht den Griffelfortsatz und bei grobknochigen Menschen das Capitulum ulnae als stark vorspringende Kugel auf der Dorsalfläche des Unterarms (Abb. 132). Letztere ist eine der besten Orientierungspunkte an der Handwurzel. Da die Ulna nicht so weit herabreicht wie der Radius, steht die Spitze des Processus styloides ulnae etwa $^1/_2$ cm weiter proximalwärts als beim Griffelfortsatz der Speiche (Abb. 187). Nur der Radius trägt die Handwurzel unmittelbar; die Ulna ist von ihr durch eine Knorpelscheibe getrennt (siehe Handgelenk) und steht deshalb um den genannten Betrag, den man durch die Haut an ihrem Griffelfortsatz ablesen kann, gegen den Radius zurück. **Inspektion und Palpation beim Lebenden**

Das Capitulum ulnae ist in Pronationsstellung des Unterarms sehr gut als mehr oder minder prominierende Kugel zu sehen und zu fühlen (Abb. 179, 208b). Da wir, wenn wir die Dorsalseite des eigenen Unterarmes betrachten, diesen in Pronationsstellung dem Auge zuwenden, so ist uns das Kapitulum vom eigenen Körper am besten bekannt. Der Processus styloides ist gar nicht so leicht zu sehen. Er tritt zwar in reiner Supinationsstellung an die Stelle, wo im vorigen Fall das Kapitulum lag (Abb. 208a); aber wir können ihn am eigenen Körper bequem nur im Spiegel sehen. An einem anderen Menschen muß man streng darauf achten, daß wirklich der Arm in Supination steht, wenn nach dem Fortsatz gesucht wird (gewöhnlich streckt der andere dem Untersucher den Arm in Pronationsstellung hin; man stelle sich hinter den Rücken des Modelles, wenn dieses den Arm in Normalstellung hängen läßt, oder lasse den Arm im Ellenbogen beugen und betrachte von vorn die jetzt dem Beschauer in Supination zugewendete Rückfläche des Unterarmes, Abb. 183. Am eigenen Körper kann man in letzterer Stellung den Proc. styl. ohne Spiegel sehen, wenn man von oben über die Hand hinweg die Rückseite der Handwurzel betrachtet). In Supinationsstellung des Unterarmes ist der Processus styloides immer leicht zu fühlen als scharfer Knochenkamm (sehr verschieden von der kugeligen Form des Kapitulum). Er ist gegen den 4. Finger der Hand gerichtet (Abb. 132). In einem späteren Kapitel wird auf das merkwürdige Phänomen des alternierenden Auftretens von Kapitulum und Processus styloides im Oberflächenrelief zurückzukommen sein (S. 413).

Verbindet man beim Lebenden den Griffelfortsatz der Ulna mit dem Olekranon durch eine gerade Linie, so markiert man damit die Dorsalkante der Elle, die immer gut tastbar ist (Abb. 132). Es ist zu empfehlen, sich an die genannte Hilfslinie zu halten, weil bei Pronationsstellung des Armes das Auge leicht irregeführt wird; folgt der Blick in dieser Stellung der geraden Verlängerung des distalen Ellenendes nach oben (Abb. 183), so trifft er den Epicondylus lateralis humeri, verfehlt also die wahre Richtung der Ulna, die aber immer durch das Olekranon klar gekennzeichnet ist.

Die Ulna liegt der ganzen Länge nach oberflächlicher als der Radius; daher die Verwendung ihrer Dorsalkante als Waffe beim Ringkampf (Dschiu-Dschitsu). Erhebt man zur Abwehr den Arm über den Kopf, so liegt die Ulna zu oberst und pariert Schläge, die gegen den Kopf geführt werden. Die Elle bricht wegen ihrer oberflächlichen Lage auch viel eher durch direkt einwirkende Gewalten als die Speiche. Diese ist gegen solche Einflüsse geschützter, kann dafür aber leichter indirekt, durch Gewalteinwirkungen von der Hand her (beim Fall auf die vorgestreckte Hand) zerbrochen werden.

Die Diaphysenverknöcherung der Ulna setzt einige Tage später ein als beim Radius. Der distale Epiphysenkern erscheint im 5.—8. Lebensjahr, d. h. mindestens ein Jahr später als er spätestens im Radius auftritt. Verschmelzung mit dem Schaft wie beim Radius. Das proximale Ende verknöchert größtenteils von der Diaphyse aus. Erst im 10.—12. Lebensjahr bildet sich ein separater Knochenkern im Olekranon. Deshalb ist letzteres bei kleinen Kindern sehr schwer zu fühlen. Verwachsung mit dem Schaft im 17. Jahr. Es kommen akzessorische Kerne im Processus styloides und in der Spitze des Olekranon vor. **Ossifikation der Ulna**

5. Die Armmuskeln und langen Handmuskeln als aktive Bewegungsfaktoren.

a) Übersicht über die genetische Gruppierung (Tabelle) und über die Bewegungsrichtungen von Arm und Hand (Nomenklatur).

An der oberen freien Gliedmaße, insbesondere am Oberarm ist die Lage der Muskulatur von klassischer Einfachheit. Es gibt nur autochthone Gliedmaßenmuskeln, keine Vermischung mit Rumpf- oder Kopfmuskeln wie bei der **Bizeps und Trizeps als Beispiel einer einfachen**



Gruppierung

Schulter. Die ursprüngliche Sonderung in Heber und Senker (dorsale und ventrale Extremitätenmuskeln, Abb. 125) ist am Oberarm fast unverändert erhalten. Zu der ventralen Gruppe gehört der auch dem Laien bekannte M. biceps, zu der dorsalen Gruppe der M. triceps, die hüben und drüben vom Oberarmknochen bei der Arbeit als Wülste vorspringen und deutliche Repräsentanten der beiden entgegengesetzt liegenden primitiven Armmuskelgruppen sind. Der Humerus selbst ist außer durch die distalen Epikondylen durch Septen aus straffem Bindegewebe verbreitert, welche zwischen den Muskelgruppen liegen, Septa intermuscularia, und seitlich am Knochen angewachsen sind (Abb. 128, 129). Das Skelett trennt am Oberarm, wenn man die Septa intermuscularia einrechnet, nach dem Ellenbogen zu als breite Platte ventrale und dorsale Muskeln voneinander und ähnelt darin der Urform. Man kann sich hier besser als irgendwo anders an den Extremitäten klar machen, welche Mannigfaltigkeit von Zuständen im Leben schon durch diese einfachste Muskelanordnung vermittelt wird. Dieser Zustand sei hier besonders analysiert, um eine Basis zu gewinnen, von welcher aus kompliziertere Gruppierungen, welche sonst an den Extremitäten die Regel sind, verstanden werden können.

Für Blick und Gefühl sind Bizeps und Trizeps, je nachdem sie arbeiten oder nicht, gedehnt oder verkürzt, straff oder schlaff. Es kommt aber ganz darauf an, wie beide Muskeln (die wir hier als Repräsentanten der ventralen und dorsalen Gruppe betrachten) sich im gleichen Moment zueinander verhalten. Es seien hier von den möglichen Kombinationen vier hervorgehoben.

Einfluß der bloßen Muskelgewichte auf die Gliedstellung

Sind beide Gruppen gedehnt, so können sie sowohl schlaff, wie straff sein. Im ersteren Zustand finden wir sie, wenn der Arm in seiner Ruhelage, lediglich unter dem Einfluß der Schwere, am Körper herabhängt. Dabei sind die Muskeln nicht völlig entspannt wie bei der Leiche, sondern der den lebendigen Muskeln eigene Tonus, ein vom nervösen Zentralorgan aus vermittelter Reizzustand, gibt ihnen noch eine geringe Festigkeit; sie sind nur relativ schlaff im Vergleich zu dem straffen Zustand. Sind z. B. auf der Ventralseite größere Muskelmassen angehäuft als auf der Dorsalseite, so summiert sich der Tonus dieser Muskeln zu einem Gewicht, das den anderseitigen Muskeln überlegen ist. Ganz allgemein ist bei vierfüßigen Tieren die Beugemuskulatur am Oberarm etwa um das Doppelte schwerer als die Streckmuskulatur, um den für das Stehen und Gehen wichtigen nach vorn zu offenen Ellenbogenwinkel zum Vorwärtsziehen des Körpers auszunutzen (Abb. 152b). Aus demselben Grund ist beim Bein umgekehrt die Streckmuskulatur des Oberschenkels ungefähr $1^1/_2$mal so schwer wie die Beugemuskulatur; denn dort wird der nach hinten zu offene Kniewinkel zum Vorwärtsschieben des Körpers verwendet. Der Mensch hat trotz seiner aufrechten Körperhaltung davon genug übrig behalten, da die charakteristische einseitige Öffnungsweise des Ellenbogen- und Kniewinkels weiter besteht und nur eine besondere Verwendung gefunden hat (als Greifhebel beim Arm und Gehhebel beim Bein). Die Differenz des Muskelgewichtes am Oberarm ist zwar nicht so groß wie bei Vierfüßlern — die relative Mächtigkeit der Oberarmstrecker ist vielmehr für den Menschen gegenüber Tieren, auch gegenüber anthropoiden Affen, sehr charakteristisch — ist aber doch noch vorhanden; denn die maximale Arbeitsgröße der Armbeuger verhält sich zu derjenigen der Strecker wie 1,6 : 1,0. Daher kommt es, daß unser Arm, wenn er am Körper herabhängt, nicht völlig gestreckt, sondern im Ellenbogen ein wenig gebeugt ist (Abb. 132). Der Tonus der mächtigeren Beugemuskeln hebt das Gewicht des Unterarms um diesen Betrag und dehnt infolgedessen ein wenig den schwächeren Streckmuskel, Trizeps; diese Spannung muß ebenfalls von den Beugemuskeln getragen werden.



Noch deutlicher vielleicht ist der Vorsprung zu erkennen, welchen die eine Gruppe der anderen gegenüber hat, wenn ein und dieselbe Schädigung beide trifft, z. B. eine Lähmung. Es ist bekannt, daß beim Schlaganfall (Hemiplegie) der Arm in Beugekontraktur zu stehen kommt, d. h. die Beuger überwiegen noch durch die Wirkung ihrer Masse; sie können zwar nicht mehr kontrahiert werden wie lebendige Muskeln, bleiben auch nicht absolut schlaff wie bei der Leiche, sondern sie schrumpfen, und zwar um so stärker, je mächtiger sie sind.

Wir erkennen, wie lediglich durch die Massenverteilung Muskeln, die gar nicht verkürzt oder straff werden, auf die Stellung der Glieder und auf das Haften der Gelenkflächen aneinander Einfluß gewinnen. In unserem Fall ist die Beziehung sehr einfach, weil die Anordnung der Muskeln ganz primitiv und die Scharnierbewegung des Ellenbogengelenkes ein sehr übersichtlicher Typus ist. Je mannigfaltiger die Stellungen der Muskeln zueinander und zu vielseitig beweglichen Gelenken werden, um so komplizierter ist der Einfluß der Massenverteilung ruhender Muskeln auf die Gelenkstellung; immer aber ist die Ruhelage unserer Glieder der Exponent solcher innerer Muskelgewichte.

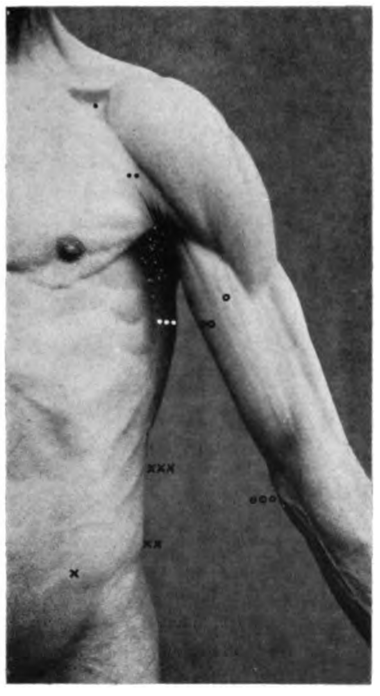


Abb. 163. Oberarmmuskeln gedehnt und straff, Photographie eines muskelkräftigen, mageren Mannes. o Caput longum des M. biceps, durch scharfe Grenze in oberer Hälfte des Oberarmes vom folgenden getrennt. o o Caput breve des M. biceps (mit M. coracobrachialis). o o o Vena mediana cubiti. . Fossa subclavicularis (Mohrenheimsche Grube). .. Pars clavicularis des M. pectoralis major, durch Spalte getrennt von der Pars sternocostalis. Stauchungsfalten der Haut von der Achsel abwärts über die Pars clavicularis ausstrahlend. ... Pars costalis des M. latissimus. Davor drei Serratuszacken. × Muskelecke des M. obl. abd. externus. × × Weichenwulst. × × × Muskelzacken des M. obl. abd. ext. Unterhalb der Brustwarze tritt deutlich die Pars abdominalis des M. pect. major vor.

Versteifung des Gliedes durch Synergismus beider Gruppen

Werden bei gedehnten Beuge- und Streckmuskeln beide Gruppen straff — der zweite Fall, den wir oben unterschieden — so ist damit nicht notwendig eine Stellungsänderung des Armes verbunden. Die Innervation können wir nach Belieben so regulieren, daß der Arm durch die Muskelspannung in seiner Ruhelage verbleibt, aber in sich versteift wird (Abb. 163; es wurde bei dem verwendeten Modell die Dehnung der Oberarmmuskeln durch Zug am Handgelenk seitens des Assistenten gesichert). Beide Muskelgruppen arbeiten in diesem Fall zusammen, sie sperren die Gelenke des Armes und vereinigen seine Einzelknochen zu einem in sich unbeweglichen Stabe, den wir durch Bewegungen im Schulterapparat nach Art eines Dreschflegels wie einen Knochen benutzen können und tatsächlich unter stärkster Ausnutzung der Zentrifugalwirkung auch in dieser Weise anwenden (etwa bei der „schallenden Ohrfeige“). Bemerkenswert ist vor allem, daß Bizeps und Trizeps hier trotz ihrer verschiedenen Lage synergistisch wirken. Denn sie müssen keineswegs immer Antagonisten sein, sie können nur antagonistisch arbeiten. Letzteres wollen wir jetzt betrachten.

Antagonismus beider Gruppen, aktive und passive Verkürzung (Insuffizienz)

Sind nicht beide Muskelgruppen gedehnt, sondern ist eine verkürzt, so kann sie in diesem Zustand straff oder schlaff sein. Der Bizeps im verkürzten und straffen Zustand hebt, wie jeder weiß, den Unterarm gegen die Schwere (Abb. 164). Läßt man mit der Hand eine Last tragen, so kann man aus deren Gewicht ersehen, wieviel Arbeit der Bizeps leisten kann, falls man

durch besondere Maßnahmen ihn allein wirken läßt und falls alle anderen Muskeln schlaff bleiben. In diesem Fall ist der Bizeps Antagonist des Trizeps; letzterer ist schlaff, wird aber um so stärker gedehnt, je mehr sich der Bizeps verkürzt und strafft.

Es kann aber auch der Bizeps verkürzt und gleichzeitig schlaff sein. Das ist nur dann möglich, wenn die Knochenpunkte, an denen er befestigt ist, passiv einander genähert werden. Wir geben diese Form den Muskeln bei der Leiche, wenn wir an ihr die Bewegungen nachahmen, welche der Muskel aktiv im Leben bewirkt. Hebt der Lebende den Oberarm in senkrechte Stellung (Elevation), so sinkt der Unterarm, falls er nicht durch den Trizeps versteift wird, herunter, bis er spitzwinkelig gegen den Oberarm steht. In diesem Fall ist der Muskel stärker verkürzt wie in der aktiven Stellung der Abb. 164; aber er fühlt sich schlaff an. Der Trizeps ist dagegen gedehnt; er kann, je stärker er gedehnt ist, um so umfänglichere Bewegungen machen, sobald er sich aktiv verkürzt. Passiv verkürzte Muskeln, wie in unserm Falle der Bizeps, können in einen Zustand geraten, in welchem sie insuffizient zu jeder eigenen Arbeit werden. Sobald sie nämlich passiv stärker zusammengeschoben sind, als sie sich aktiv zusammenziehen können, ist an eine eigene Wirkung nicht mehr zu denken, weil diese der Natur der Muskelfasern nach auf eine einzige Richtung festgelegt ist (Verkürzung, nicht Verlängerung).

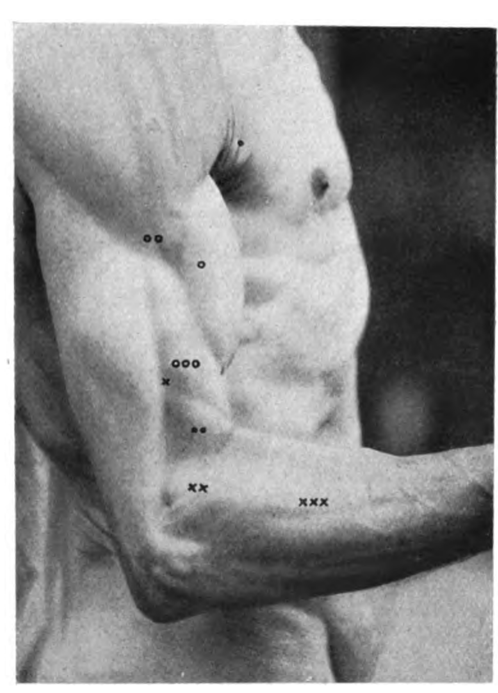


Abb. 164. Heben eines Gewichtes mit der Hand, Oberarmbeuger verkürzt und straff. Photographie eines mageren, muskelkräftigen Mannes. o M. biceps. o o abgestumpfte Spitze des M. deltoides (Spitze versenkt, nicht sichtbar). o o o Oberflächenraute des M. brachialis. . Stauchungsfalten der Haut, von Achsel aufsteigend. .. M. brachioradialis. × Stelle, an welcher man eindringt, um N. radialis am Durchtritt durch Hiatus radialis zu reizen (vgl. mit Abb. 128). × × M. extensor c. rad. longus. × × × M. ext. c. rad. brevis. Der große Wulst weiter abwärts ist der M. ext. digit. communis.

Man kann das bei sich sehr schön an den Beugemuskeln der Finger beobachten. Beugt man die Hand so stark wie möglich gegen den Unterarm, so schiebt man die langen Beugemuskeln, welche in einem Zuge vom Oberarm bis zu den Fingern verlaufen, maximal zusammen. Versucht man in dieser Stellung, die Fingerspitzen gegen den Handteller zu drücken, so sind sie ganz kraftlos; ganz anders wenn man die Hand im Handgelenk dorsalwärts durchbiegt, wie man es ganz unwillkürlich tut, wenn man eine Faust macht: jetzt drücken die Fingerspitzen mit voller Kraft in die Hohlhand, da die Fingerbeuger wie Gummischnüre, die man sich über die Handwurzel gelegt denkt, durch die Handstellung gedehnt sind und eine gute Ausgangsstellung für ihre Leistungen haben. Ganz ähnlich ist beim Bizeps eine bestimmte Stellung der Knochen zueinander am günstigsten für maximale Leistungen, nämlich die rechtwinklige Beugung des Unterarms gegen den Oberarm (Abb. 164). Wird der Winkel kleiner, so wird der Muskel allmählich aktiv insuffizient, weil er passiv in eine andere Situation gerät. Diese passive Komponente kann selbsttätig durch die aktive Verkürzung bei herabhängendem Arm herbeigeführt werden. Wir gingen von dem elevierten Oberarm aus, weil hier deutlich ist, daß sie auch unabhängig von unmittelbaren aktiven Muskelwirkungen — rein passiv durch die Schwere — zustande kommen kann.

Außer diesen vier Kombinationen kommen andere vor, da ein verkürzter und schlaffer Bizeps mit einem gedehnten und straffen Trizeps und umgekehrt kombiniert sein kann. Es erübrigt sich, das im einzelnen auszuführen. Meine Absicht wird erreicht sein klarzustellen, daß schon durch den einfachsten Fall der Gruppenanordnung der Muskeln des Oberarmes bestimmte und je nach dem Massenverhältnis und Spannungszustand der lebendigen Muskeln ganz verschiedenartige Wirkungen hervorgerufen werden, die in den Haltungen und Bewegungen des Armes zum Ausdruck kommen. Hier ist abgesehen von den Einzelmerkmalen derjenigen Muskeln, welche aus solchen primitiven Gruppen durch spezielle Differenzierung ihrer Ursprünge und Insertionen hervorgehen. Bizeps und Trizeps sind nur als Repräsentanten des allgemeinsten Typus gemeint. Was sie, ihre Teile und andere Angehörige der Gruppen durch die Besonderheiten ihrer Ansatzpunkte am Knochen dazu gewinnen, wird in der Detailbehandlung der Muskeln beschrieben. Das Grundsätzliche der Muskeln am Oberarm ist darin zu erblicken, daß Ein-

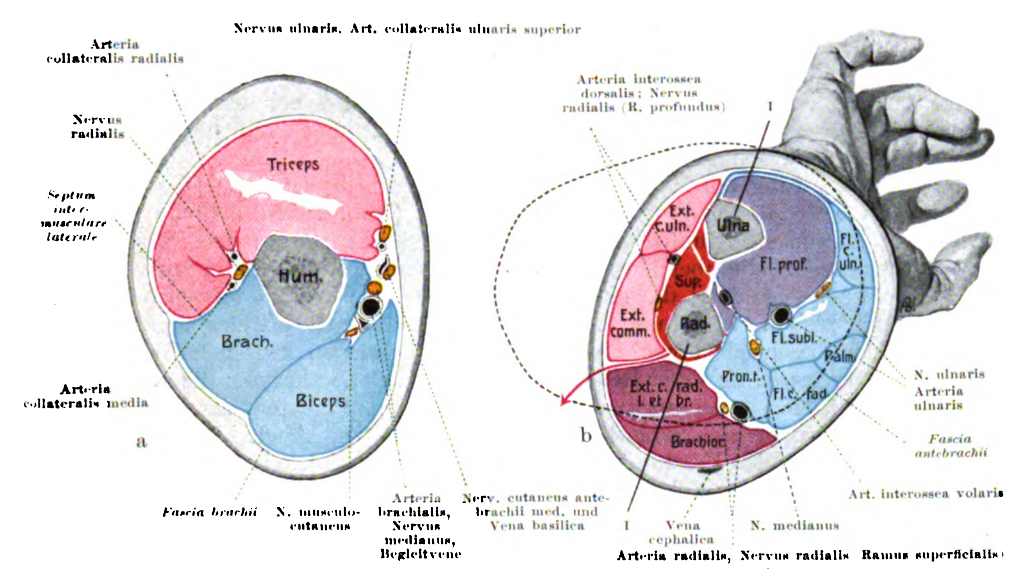


Abb. 165. Querschnitt durch Ober- und Unterarm, proximale Fläche. Dorsale Muskeln rot (resp. mit vorwiegendem Rot), ventrale Muskeln blau (resp. mit vorwiegendem Blau). a) Mitte des Oberarmes. Dorsalseite nach oben. b) obere Hälfte des Unterarmes. I—I entspricht der Ebene der Membrana interossea (Grenze zwischen dorsalen und ventralen Muskeln, außerhalb der Knochen von ventralen Muskeln wenig, von dorsalen stark überschritten). Der punktierte Kontur entspricht der Supinationsstellung („Normalstellung"); die dem lose herabhängenden Arm entsprechende halbe Pronationsstellung mit der ihr zukommenden natürlichen Form und Muskelanordnung ausgezeichnet. Der rote Pfeil bedeutet, daß in einem tieferen Niveau (gegen die Handwurzel zu) die dunkelrote Gruppe zwischen der hellroten und rotvioletten nach außen durchbricht. Der kleine Muskelquerschnitt zwischen Supinator und Ulna gehört zum Abductor pollic. longus, der zwischen Art. interossea vol. und Radius zum Flexor pollicis long.

richtungen, die sämtlichen Skelettmuskelgruppen innewohnen, hier in relativer Einfachheit zutage liegen. Denn auf dem lebendigen Spiel von Mit- und Gegenwirkung beruht die ganze Tätigkeit des Bewegungsapparates.

Beim Unterarm, ja bereits schon im unteren Abschnitt des Oberarmes ist nicht mehr eine so scharfe Scheidung zwischen zwei genau einander gegenüberliegenden Muskelgruppen vorhanden wie am Oberarm (Abb. 165, rot und blau). Die Epikondylen des Humerus sind in spezifischer Weise von den beiden Muskelgruppen des Unterarms ausgenutzt. Der Epicondylus medialis ist von den Ursprüngen der ventralen Gruppe bevorzugt worden. Deshalb drängen sich am Vorderarm die Flexoren (hellblau und blauviolett, Abb. 165b) mehr um die Ulna zusammen; denn diese entspricht dem medialen Rande der Extremität. Der Epicondylus lateralis ist dagegen Ursprungsort der dorsalen Muskeln geworden und lediglich von solchen in

Abänderung der ursprünglich rein dorsalen und ventralen Lage, Schichtung in Untergruppen



Anspruch genommen. Hier hat sich die dorsale Muskulatur weit ventralwärts verschoben, indem sie um den lateralen Epikondylus auf seine ventrale Fläche herumwanderte. Es drängt sich am Unterarm die dorsale Muskulatur in großen Massen um den Radius, während die Ulna einen viel geringeren Muskelmantel von ihr, einen um so dickeren von der ventralen Muskulatur bezieht. Ja es gibt Muskeln, welche ihrer Herkunft nach dorsale Muskeln sind, welche aber so weit verschoben sind, daß sie jetzt beim erwachsenen Menschen rein ventral liegen (rotviolett); sie wirken deshalb als Beuger, nicht mehr als Strecker! Ihre Wanderung ist beim menschlichen Embryo stufenweise verfolgt worden.

Seit jeher ist in der Anatomie der Name Strecker, Extensor, auch für solche, nachträglich zu Beugern gewordene Muskeln üblich. Nach diesem genetischen Gesichtspunkt ist die Tabelle der Muskeln aufgestellt, die wir unseren speziellen Betrachtungen zugrunde legen (S. 321). Bei den Muskelgruppen des Ober- und Unterarms ist dort jeweils notiert, ob es sich um dorsale oder ventrale Gruppen handelt. Im übrigen wird bei den einzelnen Gruppen später erläutert werden, wie sie sich auf die ursprünglichen beiden Hauptgruppen zurückführen lassen.

Die Gruppierung am Vorderarm ist stärker geschichtet als am Oberarm, und zwar in oberflächliche und tiefe Muskeln (Abb. 165b, hellblau und blauviolett, hellrot und dunkelrot). Die tiefen Muskeln, welche dem Skelett zunächst liegen, sind die übersichtlicheren und werden deshalb, wie in früheren Kapiteln, zuerst behandelt; die oberflächlich liegenden Muskeln überspringen meistens mehr als ein Gelenk und werden im Anschluß an die oft eingelenkigen tiefen Muskeln beschrieben worden. Die Formbeziehungen zwischen Skelett und Muskulatur treten in dieser Reihenfolge am deutlichsten hervor; die äußere Körperform läßt sich dabei aus den einzelnen Hauptkomponenten, der passiven und aktiven Komponente (Skelett und Muskel), ableiten. Auch hierin haben die Gliedmaßen für das Verständnis Vieles vor dem Rumpf voraus, weil Komplikationen wie die Formwirkung der Eingeweide fehlen.

Ausschließlich genetische Bedeutung d. Wörter: Extensor und Flexor

Es kann nicht stark genug betont werden, daß herkömmlicherweise die Bezeichnungen „Extensoren" und „Flexoren" nicht im physiologischen, sondern im genetischen Sinn angewendet werden. Extensor wird identisch mit dorsal, Flexor identisch mit ventral benutzt und die topographischen Ausdrücke wiederum beziehen sich lediglich auf die ursprüngliche Lage der beiden Hauptgruppen, nicht auf die jetzige Lage der einzelnen Abkömmlinge. Der morphologische Standpunkt ist ähnlich wie bei den Blutgefäßen, bei denen durchaus nicht jede Arterie sauerstoffreiches (arterielles) Blut und jede Vene kohlensäurereiches (venöses) Blut führt. Es gibt unter den Extremitätenmuskeln Extensoren, welche nur beugen und nie strecken, und es gibt ventrale Muskeln, welche alles andere tun, nur nicht beugen!

An der Hand, welche selbst nur kurze Muskeln trägt, um sie nicht zu beschweren, und welche im übrigen durch die Sehnen der Armmuskeln wie mit Transmissionsriemen aus der Ferne bewegt wird, konnten beim Menschen alle Muskeln dorsaler Herkunft gespart werden; ausschließlich Muskeln ventraler Herkunft sind in ihr entwickelt (Tabelle S. 427). Sie sind zum Teil — man kennt die einzelnen Stufen beim menschlichen Embryo — nach dem Handrücken zu gewandert und hier in den Zwischenknochenräumen der Mittelhand durch die Haut zu sehen: Musculi interossei externi. Sie „dorsal" zu nennen, wie vielfach geschieht (BNA), ist eine Ausnahme von den sonst bei den Extremitätenmuskeln üblichen genetischen Benennungen. Die Tyrannei dieser Inkonsequenz, welche durch das Beiwort „externi" vermieden wird, aber schwer ausrottbar ist, hat schon viele zu schwerwiegenden Mißverständnissen verleitet.

Es ist praktisch nicht unwichtig, überall den genetischen Weg der Natur im Auge zu behalten, weil der Gesamtaufbau der Extremität, der Verlauf der Gefäße und Nerven und die Endverteilung der letzteren nur auf diese Weise durchsichtig bleibt. Der jetzige Zustand wird trotz aller Modifikationen aus seiner Geschichte heraus verständlich! Die bloße Betrachtung der momentanen Funktion würde ein scheinbares Chaos von topographischen Anordnungen der Skelett- und Weichteile zueinander unentwirrt lassen.

Die Abgrenzung der Schultermuskeln (voriger Abschnitt) gegen die hier behandelten Arm- und Handmuskeln ist durch die Insertion gegeben. Alle Muskeln, welche an den Skeletteilen des Schultergürtels und des Oberarms inserieren, können keinen unmittelbaren Einfluß auf das Ellenbogengelenk oder eines der distaler gelegenen Gelenke gewinnen. Allerdings können sie es indirekt; wir brauchen uns bloß zu erinnern, daß die Teile des Körpers durch Verschiebung ihrer Massenschwerpunkte bewegt werden (S. 71, Abb. 44). Der Unterarm kann auf diese Weise gegen den Oberarm durch Muskeln gebeugt werden, welche gar nicht an ihm inserieren, sondern welche den Oberarm so nach hinten verlagern, daß sich der Unterarm aus Gründen der Schwere eine neue Einstellung zum Oberarm suchen muß.

Unterscheidung d. Schulter- u. Armmuskeln nach der Insertion

Sehen wir von diesen Fernwirkungen ab, sondern beschränken wir uns auf die unmittelbaren Wirkungen der Muskeln auf die Knochenpunkte, an denen sie befestigt sind, so sind nur Muskelinsertionen an Knochen des Unterarms oder der Hand imstande, eines der Gelenke zu bewegen, welche zum Ellenbogen gehören und weiter distalwärts liegen. Deshalb sind diese hier als Arm- und Handmuskeln zusammengefaßt. Die Unterscheidung gegen die früher behandelten Schultermuskeln ist deshalb vorgenommen, weil das Skelett des Schulterapparates seine besondere genetische und funktionelle Bedeutung hat, welche dort begründet wurde.

In der Tabelle (S. 321) sind die Arm- und langen Handmuskeln zusammenbehandelt, weil ihr Muskelfleisch gemeinsam im Stiel der Extremität (Ober- und Unterarm) liegt. Die kurzen Handmuskeln (S. 427) sind davon unterschieden, weil ihr Muskelfleisch auf den Handteller beschränkt bleibt. Gemäß der Entwicklungsgeschichte der menschlichen Arm- und Handmuskeln ist das ein primitives Unterscheidungsmerkmal. Auf die Insertionen im einzelnen ist bei der Gruppierung der Arm- und Handmuskeln kein Gewicht gelegt, weil es zur Zeit nicht möglich ist, das genetische Prinzip dabei durchzuführen.

Es ist hervorzuheben, daß die Ursprünge mancher Armmuskeln am Schultergürtel, speziell am Schulterblatt (Bizeps und Trizeps), angeheftet sind. Dadurch haben sie unmittelbaren Einfluß auf das Schultergelenk. Die Trennung, welche den Insertionen nach klar durchführbar ist, gelingt nicht nach den Ursprüngen. Bei den Bewegungserscheinungen am Schulterapparat wurden infolgedessen auch der Bizeps und Trizeps mehrfach berücksichtigt.

Überkreuzungen von Muskelindividuen

Da Ursprünge von Armmuskeln am Schultergürtel sitzen, so überkreuzen sie sich mit denjenigen Schultermuskeln, welche am Humerus inserieren (Abb. 166, 128, 129). Wie das Schema zeigt, sind Überkreuzungen von Muskeln in der freien Gliedmaße noch viel ausgebildeter, weil sich die Ursprünge der einen Gruppe von Arm- und Handmuskeln mit den Insertionen der anderen Gruppe in ausgiebigster Weise verschränken. Man kann zwar auch hier noch an den Insertionen vielfach die alten Beziehungen aufdecken, doch würde uns das viel zu weit führen und der praktischen Verwertung nichts nützen. Es ist aber nötig, sich klar zu machen, daß Muskeln in den Extremitäten vorkommen, welche viele Gelenke überspringen, und daß die Lage des eigentlichen Muskelfleisches oft einem ganz anderen Extremitätenabschnitt angehört als der Befestigungspunkt der Sehne, welche die Bewegung ausführt und auf weite Strecken überträgt.

Die mehrgelenkigen Muskeln müssen oberflächlicher als die eingelenkigen liegen, um den letzteren den Platz am Skelett frei zu lassen (Abb. 166). Die Situation ist ähnlich wie bei den Geleisen der Lokalzüge und Fernzüge in dem Bahnhof einer Großstadt; letztere sind nach außen verlegt, weil sie sonst von den Geleisen der ersteren vielfach überkreuzt und sogar durch einen regen Lokalverkehr unbenutzbar würden. Die Verbindung der Extremitätenmuskeln, welche ursprünglich vom inneren Skelett (Knorpel) getrennt liegen, mit diesem hat sich vollzogen, als die Stiele der Extremitäten noch kurz und die Längenunterschiede zwischen ein- und mehrgelenkigen Muskeln wenig ausgeprägt waren. Man darf nicht etwa die ein-



gelenkigen Muskeln für die primitiveren halten, wie es bei den Rückenmuskeln tatsächlich der Fall ist.

Nachträgliche Wanderungen der Muskelbefestigungen am Skelett kommen sicher vor. Vermutlich ist derjenige Abschnitt am verschieblichsten, welcher weniger oft bewegt wird, während diejenige Befestigungsstelle des Muskels, welche am häufigsten benutzt wird, naturgemäß am ehesten fixiert bleibt. Das, was wir nach dem üblichen Sprachgebrauch (S. 71) Insertionen nennen, liegt aber an dem leichteren distalen und deshalb beweglicheren Skelettstück der Gliedmaße. Indem dagegen die Ursprünge der Muskeln auf andere Stellen des gleichen Skelettstückes oder auf benachbarte überwandern, wird die Verschränkung der einzelnen Individuen miteinander komplizierter. Bei der oberen Extremität überkreuzen die auf dem Schulterapparat liegenden Muskeln noch relativ wenig die auf dem Oberarm befindlichen. Beim Menschen greift von den Schultermuskeln einzig der M. coracobrachialis mit seiner Insertion weit in das Gebiet der Oberarmmuskeln hinein. Bei der unteren Extremität ist das bei vielen Muskeln der Fall (Adduktorengruppe); dort erreicht ein Repräsentant sogar den Unterschenkel (M. gracilis).

Bedeutung klarer Bezeichnungen für die Bewegungsrichtungen im Verkehrsraum der Hand

Die Armmuskeln steigern vor allem die Bewegungsfähigkeit der Hand über das hinaus, was der Schulterapparat bereits für sie leistet. Wir haben gesehen, daß das Mehr nur ein Quantitatives sein kann (S. 287). Denn die Schultermuskeln geben dem Arm und der Hand an seinem Ende durch die Kombination der Bewegungen in den beiden Schlüsselbeingelenken und im Schultergelenk den maximalen Grad der Freiheit. Er ist „raumläufig“, d. h. er kann in dem ihm zugemessenen Distrikt jeden Punkt erreichen, wie der Fisch im Wasser oder der Vogel in der Luft. Die Bewegungen, welche die Armmuskeln ausführen, steigern ganz erheblich die Größe dieses Distriktes. Die Raumläufigkeit wird zwar nicht qualitativ erhöht, weil das nicht mehr möglich ist; aber der zugemessene Raum wird ganz erheblich über das vom Schulterapparat gesetzte Maß hinaus vergrößert. Deshalb wird ein krankhaft versteifter Arm, welcher vom Schultergürtel aus normal bewegt wird, immer nur einen ganz beschränkten Teil von dem Raum bestreichen, den ein intakter Arm überall durchtasten kann. Beim Kunstarm ist die Hauptaufgabe die, die Bewegungsmöglichkeiten innerhalb der freien Gliedmaße nachzuahmen. Um den Erscheinungen im einzelnen nachgehen zu können, welche für die Verwendbarkeit von Arm und Hand ausschlaggebend sind, müssen wir uns an scharfe Unterscheidungen der Bewegungsrichtungen gewöhnen und sie bei den Muskel- und Gelenkbeschreibungen zugrunde legen. Denn nur dadurch wird klar werden, in welcher Weise die freie Extremität die Leistungen ihres Schulterapparates steigert und inwieweit sich beide vertreten können.

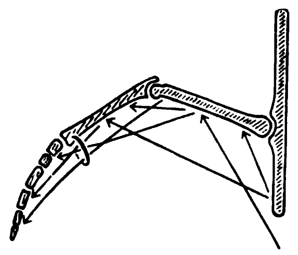


Abb. 166. Schultergürtel und freie Gliedmaße mit Muskeln (Pfeile), Schema. Vgl. mit Abb. 126. Es sind nur die ventralen Muskeln eingetragen, dorsale weggelassen.

Ventral- und Dorsalflexion (Extension)

Wir nennen alle Bewegungen, welche die Fläche der ursprünglichen Gliedmaßenpaddel (Abb. 151) einknicken, Flexionen oder Flächenbewegungen. Biegt sich die freie Extremität nach der ursprünglichen Ventralseite, zu welcher der Handteller, Vola, gehört, so heißt die Bewegung Ventral- oder Volarflexion, nach der anderen Seite heißt sie Dorsalflexion. Man nennt allerdings häufig die letztere Bewegung ganz allgemein Extension. Zweckmäßiger ist davon in allen Fällen abzusehen, in welchen diese Ausdrucksweise vieldeutig ist. Beugen wir z. B. die Hand so stark wie möglich gegen den Unterarm im Handgelenk: Volarflexion, so beginnt von dieser Stellung aus bei entgegengesetzter Bewegung die Dorsalflexion und führt bis zu dem maximalen Ausschlag, von welchem aus der Handrücken dem Unterarm nicht weiter genähert werden kann. Wendet man den Ausdruck Extension für diese Bewegung an, wie es vielfach geschieht, so ist nie klar, ob nur der Teil der Bewegung

bis zur wirklichen Strecklage der Hand gemeint ist, in welcher der Handteller in der Verlängerung der Unterarmebene liegt, oder auch der Teil der Bahn, welcher über die Streckstellung hinaus in dorsale Beugung übergeht. Ist dagegen eine Bewegung nur bis zur wirklichen Streckstellung möglich wie im Ellenbogen und an den Fingern, so ist die Bezeichnung Extension, Streckung, nicht mißverständlich und deshalb zulässig.

Für die Bewegungen der Schulter habe ich die Ausdrücke Flexion und Extension ganz vermieden (obgleich sie auch dort vielfach gebraucht werden), weil sie ganz anderer Natur sind als die Bewegungen innerhalb der freien Extremität. In den Benennungen Anteversion, Retroversion, Elevation kommt das klar zum Ausdruck (S. 234).

Radiale und ulnare Abduktion (Adduktion, Opposition)

Alle Bewegungen, welche die Ebene des ursprünglichen Gliedmaßenlappens (Abb. 151) nicht verlassen, nennen wir Abduktionen oder Randbewegungen. Wird die Hand flach auf den Tisch gelegt und auf der Tischplatte nach dem Radius zu bewegt, so heißt diese Bewegung radiale Abduktion; die entgegengesetzte Richtung wird als ulnare Abduktion bezeichnet.

Es ist üblich bei Bewegungen des Oberarms, die sich der ganzen Extremität mitteilen, die Richtung zum Körper hin Adduktion und nur die vom Körper weg Abduktion zu nennen, Namen, die ich beim Schulterapparat bereits verwendet habe. Es kann dort kein wesentliches Mißverständnis entstehen, obgleich streng genommen bei Rotationen des Humerus um seine Achse im einen Fall eine ganz andere Stelle des Oberarms sich auf den Körper zu oder von ihm weg bewegt als im andern Fall. Weiter distal kommt jedoch die Pro- und Supination hinzu und erschwert das Verständnis jener vielfach auch für die Hand verwendeten beiden Namen (Abduktion und Adduktion).

Bewegt sich bei Normalstellung des Armes (Supination) die Hand im Handgelenk auf den Körper zu, so findet die gleiche Bewegung der Hand und die gleiche Muskeltätigkeit statt, wie wenn in Pronationsstellung die Hand im Handgelenk vom Körper weggeführt wird. In Rücksicht auf den Körper müßte die eine Bewegung als Adduktion, die andere als Abduktion bezeichnet werden; das hieße den gleichen Prozeß gegensätzlich benennen. Deshalb ist es üblich, die Normalstellung gleichsam als Schiedsrichter für die Benennung anzurufen und mit Adduktion nur solche Bewegungen zu bezeichnen, welche in der Normalstellung auf den Körper zu führen würden, gleichgültig wohin sie in Wirklichkeit in der jeweiligen Momentanstellung gerichtet sind. Hält man daran fest, so ist kein Mißverständnis möglich; es werden diese Ausdrücke in der praktischen Medizin allgemein gebraucht. Ich ziehe die Unterscheidung aller Randbewegungen in radiale und ulnare Abduktionen vor. Das Beiwort gibt unmittelbar für jede beliebige Stellung an, ob der Gliedrand nach der Seite des Radius oder der Ulna bewegt wird.

Bei niederen Tieren (Amphibien. Reptilien) sind vielfach auch im Ellenbogen Abduktionen möglich. Beim Menschen sind sie auf ein Minimum eingeschränkt (siehe Ellenbogengelenk). Deshalb kommt wesentlich die Hand für sie in Frage.

Bei den Randbewegungen der Finger wäre es an sich nicht unklar, von ulnaren und radialen Abduktionen zu sprechen, aber aus Gründen der Muskelmechanik ist dort eine andere Art der Bezeichnung weniger umständlich. Wenn man die Finger spreizt, so bleibt gewöhnlich der Mittelfinger stehen. Man legt durch ihn eine Achse und nennt alle Bewegungen von dieser Achse weg: Abduktionen der Finger, alle Bewegungen auf sie zu: Adduktionen der Finger. Dies ist die gebräuchlichste Ausdrucksweise; aber sie ist nur zu verstehen, wenn man sich dessen bewußt bleibt, daß ihr eine ganz andere Beziehung zugrunde liegt als bei den Ab- und Adduktionen etwa des Oberarms.

Nur beim Mittelfinger ist das Wort Adduktion ungebräuchlich. Er geht von der maximalen radialen Abduktion in die ulnare Abduktion über und umgekehrt. Der Sprachgebrauch erkennt also bei seinen Randbewegungen nur Abduktionen an, ebenso wie wir sie für die Hand im ganzen anwenden.

Der Daumen und in ganz geringem Maß auch der Kleinfinger vermögen außer in Ab- und Adduktion auch in Opposition zu gehen. Man bezeichnet damit die

Stellung, bei welcher nicht der Rand des Fingers sich dem Rand des Nachbarfingers nähert wie bei den Adduktionen, sondern bei welcher die Volarfläche sich so wendet, daß sie der Volarfläche der übrigen Finger möglichst zugewendet ist, wie wir es beim Daumen tun, wenn wir ihn in die Hohlhand einschlagen und mit ihm die Kuppen der anderen Finger möglichst ausgiebig berühren (diese Bewegung erinnert an entsprechende Drehbewegungen des Unterarms und kann mit dessen Pronation oder Supination verglichen werden). Man achte von vornherein darauf, daß der Daumen zwischen Karpus und Metakarpus am beweglichsten ist. An dieser Stelle sind die übrigen Finger am wenigsten beweglich oder ganz unbeweglich.

Pro- und Supination (Hyperpro- und Hyper-supination)

Mit Pro- und Supination benenne ich Bewegungen im Unterarm. Die Pronation vollzieht sich so, daß der Unterarm aktiv und die von ihm getragene Hand passiv die Normalstellung verlassen und um eine Längsachse, welche den Unterarm und einen der Finger durchzieht, so lange rotiert, bis die Handfläche gerade entgegengesetzt gerichtet ist wie in der Ausgangsstellung. Supination nennt man die rückläufige Bewegung zur Normalstellung zurück. Suppe wird mit supinierter Hand gelöffelt, Brot mit pronierter Hand vom Tisch genommen. Man kann Pro- und Supinationen um die Diagonalachse des Unterarms, deren Verlängerung je nach der Stellung der Hand in die Kuppe des 3. oder 4. Fingers fällt (Abb. 149a), ausführen; sie sind aber nicht an sie gebunden, sondern können auch andere in der Längsrichtung des Unterarms verlaufende Achsen benutzen. Bei den dazu dienlichen Gelenkeinrichtungen wird davon ausführlich die Rede sein. Ich nenne die Achse, um welche die Bewegung jeweils erfolgt, die Momentanachse der Pro- und Supination.

Man überzeuge sich bei gebeugtem Ellenbogen an der eigenen Hand, daß man nicht nur Pro- und Supinationen ausführen kann, wenn man die Kuppe des 4. Fingers auf die Tischplatte aufsetzt, sondern daß es gerade so gut geht, wenn man die Kuppe eines der vier anderen Finger auf diese Weise fixiert und die Drehungsachse (Momentanachse) in sie verlegt. Es kommt das nicht nur durch entsprechende Abduktion in der Handwurzel zustande, sondern auch dann, wenn die Handwurzel in der Normalstellung verharrt, z. B. bei Rotation der Hand um die Daumenkuppe.

Zweckmäßig ist bei solchen Versuchen der Ellenbogen zu beugen, weil damit am besten grobe Verwechslungen mit Rotationen des Humerus ausgeschaltet werden. Scharf ist darauf zu achten, daß die Pro- und Supinationen in jeder beliebigen Stellung des Unterarms ausgeführt werden können, und daß nur bei maximaler Streckung des Armes die Rotation des Oberarms um seine Längsachse der Pro- und Supination des Unterarms gleichgerichtet ist. Es ist aber auch in dieser Stellung nötig, beide Mechanismen scharf auseinanderzuhalten, weil das für die Praxis am wichtigsten ist.

Ich kann mich dem Vorschlag nicht anschließen, alle Drehungen des Armes und der Hand um Längsachsen (auch die außerhalb des Unterarmes aktivierten) als Pro- und Supination zu bezeichnen (dafür sind die Namen: humerale, antebrachiale, manuale Pro- und Supination vorgeschlagen worden). Diese Bezeichnungen gehen von dem gestreckten Arm aus. Die Gefahr wird befördert, die grundlegenden Unterschiede der Bewegungsarten einzelner Armabschnitte, welche der Laie in einen Topf zusammenwirft, auch für den Arzt zu verschleiern, wenn man bei der Benennung von der einzigen Stellung ausgeht, in welcher allein eine Verwechslung möglich ist. Ebensowenig halte ich das andere Extrem für richtig, Pro- und Supination nur die Bewegung um die Diagonalachse des Unterarmes zu nennen, was ebenfalls geschieht. Die Ausdrücke sind für die Bewegungen des Unterarmes um irgend eine Längsachse so eingebürgert, daß es richtiger erscheint, nicht neue Namen einzuführen, sondern die alten Namen mit dem richtigen Inhalt zu erfüllen. Siehe dazu S. 410 u. ff.

Es wird die bei gestrecktem Arm vom Humerus ausgehende Rotation Hyperpronation und Hypersupination genannt (S. 294, Abb. 173). Diese Ausdrücke könnten den Anschein erwecken, daß die Rotation des Oberarmes nur dann einsetzte, wenn die Pro- oder Supination im Unterarm abgelaufen ist. In Wirklichkeit kann sie sich in jeder Phase mit den letzteren kombinieren, sie steigern, vermindern oder ersetzen. Man prüfe das an sich selbst, indem man mit den Fingern der anderen Hand die Epikondylen des Humerus anfaßt und abwechselnd Rotationen und Pro-Supinationen mit dem gestreckten Versuchsarm ausführt.

Armmuskeln und lange Handmuskeln
(Insertionen am Unterarm und an der Hand).
o = Ursprung (origo); i = Insertion (insertio).

A. Oberarmmuskeln.

a) Vordere (ventrale) Gruppe.

1. M. brachialis (S. 323).
o: distale Hälfte der Vorderfläche des Humerus von der Tuberositas deltoidea bis zur Kapsel der Articulatio cubiti, Septa intermuscularia (S. laterale et mediale).
i: Tuberositas ulnae bis herauf zur Gelenkkapsel. Mit der vorderen Kapselwand des Ellbogengelenkes verklebt.

2. M. biceps brachii (S. 325).
o: Caput longum: Tuberositas supraglenoidalis scapulae innerhalb des Schultergelenks. Caput breve: Spitze des Korakoides.
i: Tuberositas radii, Fascia antebrachii (Lacertus fibrosus).

b) Hintere (dorsale) Gruppe.

3. M. triceps brachii (S. 328).
o: Caput mediale: hintere Humerusfläche distal vom Sulcus nervi radialis, Septa intermuscularia herab bis zum Epicondylus lateralis humeri.
Caput laterale: hintere laterale Fläche des Humerus. In der oberen Humerushälfte lateral vom Sulcus nervi radialis, hinauf bis zum Tuberculum majus; in der unteren Hälfte vom Septum intermusculare laterale.
Caput longum: Tuberositas infraglenoidalis scapulae.
i: Olecranon ulnae, Fascia antebrachii über dem M. anconaeus, Hinterwand der Kapsel des Ellenbogengelenkes.

4. M. anconaeus (S. 333).
o: Dorsale Fläche des Epicondylus lateralis humeri, Lig. collaterale laterale des Ellbogengelenkes, Sehnenblatt zwischen Ext. carpi ulnaris und Ext. digitorum communis.
i: proximales Viertel der Dorsalfläche des Ulnaschaftes.

B. Vorderarmmuskeln.

a) Tiefe Gruppe der ventralen Vorderarmmuskeln (Vorderfläche des Unterarms).

5. M. pronator quadratus (S. 338).
o: distales Viertel der Volarfläche der Ulna.
i: distales Viertel der Volarfläche des Radius.

6. M. flexor digitorum profundus (S. 339).
o: proximale $^2/_3$ der Volarflächen von Ulna und Membrana interossea, umgreift die Tuberositas ulnae und reicht bis auf die Ursprungsaponeurose des Flexor carpi ulnaris am Margo dorsalis ulnae.
i: Basis der Endphalangen des 2.—5. Fingers.

7. M. flexor pollicis longus (S. 344).
o: Caput radiale: Volarfläche des Radius distal von dessen Tuberositas bis zum Pronator quadratus, Membrana interossea. Caput humerale: (inkonstant) mit dem Flexor digit. sublimis vom Epicondylus medialis humeri (auch von der Ulna).
i: Basis der Endphalanx des Daumens.

b) Oberflächliche Gruppe der ventralen Muskeln des Vorderarms (Vorderfläche des Unterarms).

8. M. flexor digitorum sublimis (S. 344).
o: Caput humerale: Epicondylus medialis humeri, Processus coronoides ulnae.
Caput radiale: in einer schrägen Linie am Radius, welche medial und proximal die Insertion des Pronator teres fortsetzt.
i: seitliche Knochenleisten in der Mitte der Mittelphalangen des 2.—5. Fingers.

9. M. ponator teres (S. 347).
o: Caput humerale (superficiale): Epicondylus medialis humeri, Septum intermusculare mediale brachii (Processus supracondyloideus).
Caput ulnare (profundum): medialer Rand der Tuberositas ulnae. Inkonstant.
i: Rauhigkeit in der Mitte der Facies lateralis des Radius nahe dem Margo dorsalis.

10. M. flexor carpi radialis (S. 348).
   o: Epicondylus medialis humeri. Septa intermuscularia und oberflächliche Faszie des Unterarmes.
   i: Volarfläche der Basis des Metakarpale II.
11. M. palmaris longus (S. 350).
   o: Epicondylus medialis humeri, Septa und Fascia antebrachii.
   i: Palmaraponeurose.
12. M. flexor carpi ulnaris (S. 351).
   o: Caput humerale: Epicondylus medialis humeri, Septum intermusculare. Caput ulnare: Olekranon und obere zwei Drittel des Margo dorsalis ulnae, Fascia antebrachii.
   i: Os pisiforme, mittels der Ligg. pisohamatum et pisometacarpeum am Os hamatum und Metakarpale V.

c) Tiefe Gruppe der dorsalen Muskeln des Vorderarmes (Hinterfläche des Unterarms).

13. M. supinator (S. 353).
   o: Epicondylus lateralis humeri, Lig. collaterale laterale, Lig. anulare radii; Crista m. supinatoris ulnae.
   i: Radius zwischen Tuberositas und Insertion des Pronator teres.
14. M. abductor pollicis longus (S. 354).
   o: Facies dorsalis ulnae im Anschlusse an den Supinator, Membrana interossea. Facies dorsalis radii gegenüber der Insertion des Supinator und des Pronator teres.
   i: Basis des Metakarpale I., Ursprungssehne des Abductor pollicis brevis (Multangulum majus).
15. M. extensor pollicis brevis (S. 356).
   o: Ulna im Anschluß an den vorigen (inkonstant), Membrana interossea, Radius nahe der Crista interossea im dritten Viertel.
   i: Basis der Grundphalanx des Daumens.
16. M. extensor pollicis longus (S. 357).
   o: Facies dorsalis ulnae im dritten Viertel nahe der Crista interossea, im Anschluß an den Abd. long., Membrana interossea.
   i: Basis der Endphalanx des Daumens.
17. M. extensor indicis proprius (S. 358).
   o: distales Drittel der Facies dorsalis ulnae.
   i: Dorsalaponeurose des Zeigefingers.

d) Ulnare Gruppe der oberflächlichen Schicht der dorsalen Vorderarmmuskeln (Hinterfläche des Unterarms).

18. M. extensor digitorum communis (S. 360).
   o: gemeinsames Sehnenblatt mit dem Ext. carpi rad. brev. vom Epicondylus lat. hum., Lig. collaterale laterale, Lig. anulare radii, Fascia antebrachii.
   i: Dorsalaponeurosen des 2.—5. Fingers.
19. M. extensor digiti quinti proprius (S. 363).
   o: wie beim vorigen.
   i: Dorsalaponeurose des 5. Fingers.
20. M. extensor carpi ulnaris (S. 363).
   o: gemeinsam mit den vorigen am Epicondyl. lateralis humeri, Lig. collaterale laterale, Margo dorsalis ulnae, Fascia antebrachii.
   i: Basis des Metakarp. V. (Tuberositas ossis mtc. V.).

e) Radiale Gruppe der oberflächlichen Schicht der dorsalen Vorderarmmuskeln (Vorder- und Seitenfläche des Unterarms).

21. M. extensor carpi radialis brevis (S. 366).
   o: im Anschluß an den Extensor dig. comm. vom Epicondylus lateralis humeri, Lig. collaterale laterale, Lig. anulare radii.
   i: Basis des Metakarpale III. (Proc. styloides; häufig auch Metakarpale II.).
22. M. extensor carpi radialis longus (S. 366).
   o: im Anschluss an den Brachioradialis vom Margo lateralis humeri, Septum intermusculare laterale, Epicondylus lateralis.
   i: Basis des Os metacarpale II.
23. M. brachioradialis (S. 367).
   o: Margo lateralis humeri bis etwa 10 cm oberhalb des Epicondyl. lateralis (ausnahmsweise bis Mitte des Oberarmes), Septum intermusculare laterale.
   i: laterale Fläche des Radius, proximal vom Proc. styloides.

b) Vordere (ventrale) Gruppe der Oberarmmuskeln (Tabelle Nr. 1—2).

Musculus brachialis. Der Muskel ist sehr fleischig, von ziemlich gleichmäßiger Breite (breiter als der Humerus), da er nicht nur vom Knochen, sondern umfänglich von den ihn flankierenden Septa intermuscularia entspringt, besonders vom S. i. mediale (Abb. 128). Den Ansatz des Deltamuskels umgreift er mit zwei Ursprungszacken. Diese Stelle ist eine wichtige Marke, die man daran erkennen kann, daß sich in der Mitte des Oberarmes der äußere M. brachialis (Tab. Nr. 1) Abb. **96**, 127, 128, 134, 164, **167**, 176

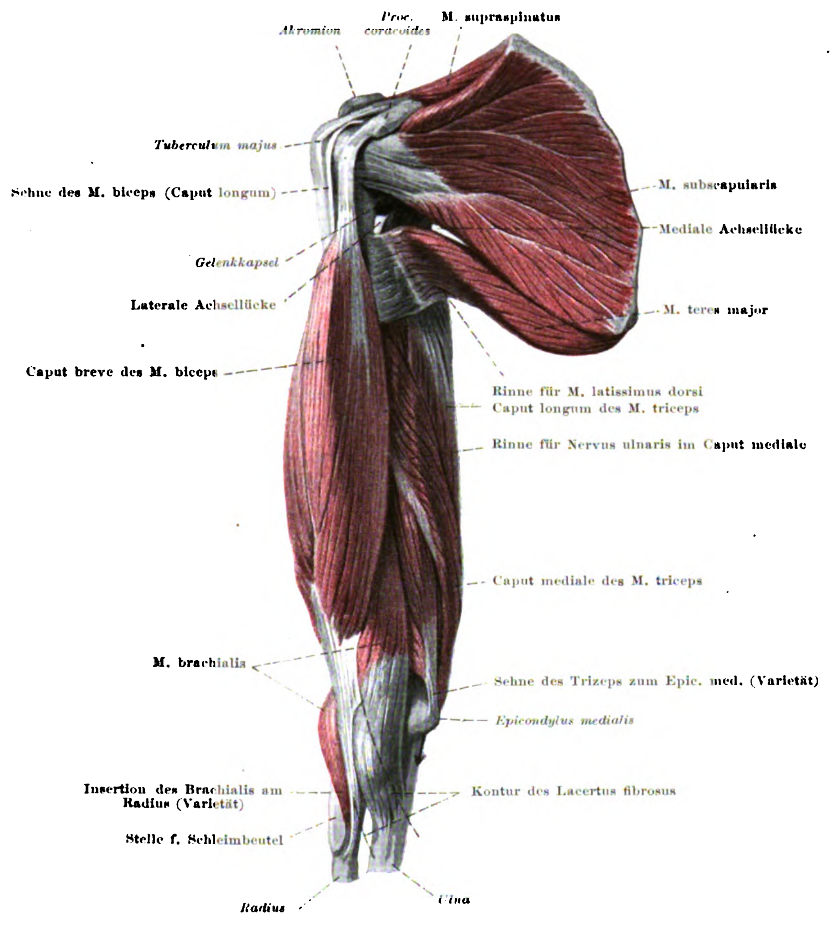


Abb. 167. Oberarm schräg von vorn und innen (Schulterblattfläche in voller Aufsicht). Natürliche Lage (Muskeltorso). Der Pfeil hinter dem Epicondylus medialis humeri entspricht dem N. ulnaris. Lig. coracoacromiale und Klavikula weggenommen, um den M. supraspinatus voll freizulegen. Das Septum intermusculare mediale und der M. coracobrachialis sind entfernt.

Armkontur über dem Ansatzpunkt des Deltamuskels einbiegt und daß hier die Tuberositas deltoidea des Knochens zu fühlen ist (Abb. 96). In diesem Niveau beginnt der Brachialis, endigt der Korakobrachialis und vereinigen sich oberflächlich die beiden Bizepsköpfe (siehe Tabelle Nr. 2). Der Brachialis zieht wie der Schaft des Humerus schräg auf die Ulna zu und inseriert an der Tuberositas ulnae.

Bemerkenswert ist (Abb. 96), daß von den beiden Muskeln, neben denen der Brachialis am Humerus angeheftet ist, der Korakobrachialis mit ihm im Knöcherne Inskriptio zwischen

21*

vorderem Deltoides und Brachialis

stumpfen Winkel steht, dagegen der vordere Deltamuskel gleiche Richtung mit ihm hat (Pars clavicularis und vorderer Teil der Pars acromialis). Es geht ein geradliniger Muskelzug vom Akromion herab bis zur Ulna, in welchen die genannte Marke des Oberarmknochens wie eine Inskriptio fest eingeschaltet ist; oberhalb der Knochenmarke ist der Zug vom Deltamuskel, unterhalb vom Brachialis gebildet. Der Humerusschaft ist mit seiner Mitte festgestellt und kann nicht ausweichen, wenn der Muskelzug im ganzen zwischen Skapula und Vorderarm angespannt wird. Die Zusammenarbeit von Humerus, Schulter- und Ellenbogengelenk ist dadurch gesichert. Ein zweiter derartiger Zug geht vom Schulterblatt zum Olekranon. Er wird gebildet vom M. coracobrachialis (S. 251) und Caput mediale des M. triceps (S. 329). Wie fest der Humerusschaft in seiner Mitte durch die beiden Züge fixiert sein kann, wird durch ein gelegentliches Vorkommnis belegt, bei welchem er nahe der Mitte unter dem starken Zug der übrigen Muskeln, die an anderen Stellen des Knochens angreifen, sogar zerbricht.

Der Humerus wird häufiger als andere Knochen in immerhin seltenen Fällen lediglich durch brüske Kontraktionen von Muskeln frakturiert; z. B. beim Peitschenknallen, Fehlschlag beim Tennisspielen usw.

Gleitbahn des Bizeps, Beziehung zum M. brachioradialis und N. radialis

Das Muskelfleisch des Brachialis ist am dicksten über dem unteren Drittel des Oberarms und spitzt sich erst vor der Insertion zu einer kurzen Sehne zu.

Seine Vorderfläche ist die vertiefte Gleitbahn für den Bizeps (Abb. 177), der ihn nach vorn zu bedeckt (Abb. 167). Doch ist der Brachialis auf den Seitenflächen des Armes auch beim Lebenden sichtbar, besonders auf der Außenseite als charakteristische Raute (Abb. 164); auf der Innenseite liegt er in der Ellenbeuge vor, weil hier das Bizepsfleisch zu Ende ist (Abb. 134).

Der Endteil des Muskels geht im Bogen über die Gelenkkapsel herüber, haftet an ihr mit Zügen, welche an der Ulna inserieren, und verhindert, daß Falten der Kapsel in das Gelenk eingeklemmt werden; er senkt sich dann zur Ulna in die Tiefe. Aberrationen der Sehne oder besondere Muskelbäuche können ausnahmsweise an die Chorda obliqua oder an den Radius gehen (Abb. 167, Varietät).

Von der lateralen Seite her ist der Brachialis tief eingekerbt (Abb. 96). In diese Nische paßt sein Nachbar, der M. brachioradialis (Tabelle Nr. 23) hinein. Beide Muskeln fassen an dieser Stelle den Nervus radialis zwischen sich, nachdem die Nervenspirale die Rinne auf der Hinterseite des Humerusschaftes verlassen und durch eine Pforte im Ligam. intermusculare laterale hindurch die Vorderseite des Armes gewonnen hat (Hiatus, Abb. 128, 129).

Die laterale Portion des Muskels, welcher der N. radialis angepreßt liegt, ist in der Regel von ihm versorgt und kann ziemlich selbständig gegen das Gros des Muskels sein, das einem anderen Nervengebiet zugehört (Nervus musculocutaneus). Schneidet man an der Scheidelinie der Länge nach in den lebenden Muskel ein, so ist keine sonderliche Schädigung zu erwarten; der Chirurg kann mit Vorteil diesen Weg wählen, um durch das dicke Muskelfleisch hindurch auf das Ellenbogengelenk vorzudringen.

Wirkung des Brachialis mit einem und mit beiden Enden

Der Brachialis ist ein eingelenkiger Muskel. Er beugt die Ulna gegen den Humerus im Ellenbogengelenk, das er überspringt. Er ist eines der schönsten Beispiele für eine unkomplizierte linienläufige Muskelwirkung, da das Gelenk ein Scharniergelenk ist und abduzierende Komponenten im Muskel fast ganz fehlen (nur die untersten lateralen Fasern enthalten eine radiale Komponente, siehe Ellenbogengelenk). Er ist denn auch der wichtigste Muskel für die reine Flexion des Vorderarms (nicht der Bizeps, welcher diesen Anschein hat, weil er sich im Oberflächenbild mehr bemerkbar macht als der verstecktere Brachialis). Vor allem ist der Brachialis immer gleich wirksam, mag der Unter-



arm in Pro- oder Supination stehen, was wiederum für den Bizeps und alle anderen Beugemuskeln einen großen Unterschied bedeutet.

Der Brachialis wirkt außerdem mittelbar auf das Schultergelenk, obgleich er zu ihm keine unmittelbare Beziehung hat, es also nicht etwa überspringt (siehe Fernwirkung S. 71 und Abb. 44). Aus den Bewegungen, die wir instinktiv machen, wenn wir irgend einen Gegenstand mit der Hand erfassen, ist schon zu entnehmen, daß wir gewöhnlich den Brachialis nicht nur auf die Ulna allein, sondern auf Humerus und Ulna zugleich wirken lassen. Der Oberarm geht, weil ihn der Brachialis gegen den Unterarm zieht, nach hinten in Retroversion. Die Hand wird auf diese Weise bei der Flexion des Unterarms nicht nach vorn vom Körper abgesperrt, was für den Gebrauch wenig günstig wäre, sondern sie bleibt nahe dem Körper, alles ist besser im Gleichgewicht, Lasten werden mit der Hand besser getragen, und beide Hände können in dieser Stellung unter der Kontrolle des Blickes gut zusammenarbeiten. Nur wenn wir den Humerus durch andere Muskeln in senkrechter Stellung fixieren, so daß er nicht nach hinten ausweichen kann, dann wirkt der Brachialis lediglich mit einem Ende, und zwar auf die Ulna; die Anstrengung beim Heben eines Gewichtes ist in dieser Stellung viel größer; sie wird deshalb zweckmäßig benutzt, wenn man den Brachialis und die anderen Beugemuskeln besonders scharf hervortreten lassen will (Abb. 164).

Innervation: N. musculocutaneus. Die laterale Randpartie in 75% der Fälle vom N. radialis, segmentale Nerven (des Musculocutaneus und des Radialis) C 5, C 6. Blutzufuhr: A. collateralis ulnaris sup. et inf. und direkte Rr. musculares aus A. brachialis, A. recurrens aus A. radialis. Varietäten: nicht selten geht das Muskelfleisch ohne Grenze in den M. brachioradialis über. Außer dem fast regelmäßigen Übergreifen des Ursprungs auf die Insertion des M. deltoides (Abb. 127 bei *) und M. coracobrachialis gibt es auch gelegentlich tief herabreichende Ursprünge auf die am Humerus entspringenden Flexoren des Unterarmes. Über Anomalien der Insertion siehe oben.

M. biceps brachii (Tab. Nr. 2), Abb. 99, 128, 132, 134, 163, 164, 167, 169, 170, 173, 174, 177–179

Musculus biceps brachii. Er ist wohl der bekannteste Muskel des menschlichen Körpers. Sein Bewegungsspiel ist durch die Haut deutlich sichtbar und wird allgemein benutzt, um die gute Ausbildung des Muskelsystems zu zeigen. Der Muskel springt, wenn er sich zusammenzieht, nicht nur wegen seiner Dicke stark vor, sondern hauptsächlich, weil er vom Humerus entfernt und von der Unterlage abgehoben wird, sobald der Ellenbogen gebeugt wird. Denn der Ursprung am Processus coracoides des Schulterblattes und die Insertion am Radius (Abb. 128) liegen bei gebeugtem Arm in einer Linie, die in einiger Entfernung vom Humerusschaft parallel zu ihm verläuft und bei rechtwinklig flektiertem Arm den maximalen Abstand vom Humerus erreicht. Der Abstand der Tuberositas radii vom Gelenkspalt beträgt 4—5 cm. Um diesen Betrag hebelt sich der Muskel vom Knochen ab; den Zwischenraum füllt der Brachialis aus, auf dessen Vorderfläche der Bizeps gleitet und der für seine eigene Kontraktion in dem vom Bizeps freigegebenen Raum Platz hat. Der Muskelbauch des kontrahierten Bizeps wird geradezu gegen die Haut vorgeschoben. Für die äußere Betrachtung des Lage- und Formwechsels ergibt das die günstigsten Bedingungen (Abb. 164).

Das wissen die Athleten sehr gut; sie schulen oft ganz einseitig die Schulter- und Oberarmmuskeln, weil an diesen das Muskelspiel augenfälliger demonstriert werden kann als an vielen dem Skelett anliegenden, versteckteren Muskeln. Ein harmonisch durchgebildeter Körper kennt monströse Muskelknollen nicht, wie man sie bei solchen Leuten gelegentlich sieht. Man findet abgesehen von den exzessiven Graden der Entwicklung verschiedene Typen des Bizeps. Bei vielen Menschen (vor allem bei Männern) ist er kugelig, wenn er maximal verkürzt wird, bei vielen (vor allem Frauen und Kindern) wölbt er sich zu flachem Bogen; dazwischen gibt es viele Übergänge (mittlere Form, Abb. 132). Dies hängt von der relativen Größe des Muskelfleisches und der Sehnen ab (siehe weiter unten).

Caput longum

Der Bizeps hat gewöhnlich zwei Ursprungsköpfe, Caput longum und Caput breve, von denen der „lange" kürzere Muskelfasern hat als der „kurze". (Verhältnis ca. 3:4.) Das Caput longum ist nur durch seine Sehne länger als das Caput breve. Die Ursprungssehne, welche unmittelbar über der Gelenkpfanne des Schulterblattes entspringt und durch eine eigene Knochenrinne um den Humeruskopf und -hals herumgeleitet ist, benutzt hier den Knochen als Hypomochlion und kommt erst am Schaft in die Richtung, welche der Wirkung des Muskels auf den Unterarm entspricht. Der Bogen, den sie um das obere Ende des Humerus beschreibt (Abb. 170), ist für das Schultergelenk wichtig; dort wurde bereits hervorgehoben, daß die Bizepssehne Verschiebungen des Humerus auf das Schulterdach hin hemmt. Das Caput longum abduziert den Oberarm im Schultergelenk und rotiert ihn einwärts (gerade umgekehrt wie den Radius, siehe unten).

Die Ursprungssehne des Caput longum liegt im Schultergelenk eingeschlossen. Sie entspringt außen von dem Labrum glenoidale und von diesem selbst innerhalb der Kapsel an einem kleinen Vorsprung, der oft wesentlich aus Periost besteht und am Knochen wenig ausgeprägt ist (Abb. 130). Die Kapsel hat einen besonderen dünnhäutigen Fortsatz, welcher den Bewegungen der Bizepssehne Spielraum läßt (Vagina mucosa intertubercularis, Abb. 148).

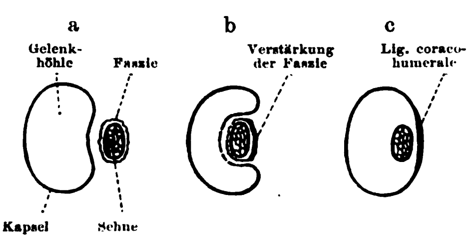


Abb. 168. Einverleibung der Sehne in das Gelenkinnere, Schema. Die Kapselwand geht da, wo sie von der Sehne eingebuchtet wird, zugrunde; statt dessen wird die verdickte Partie der Faszienhülle der Sehne in die Kapselwand eingefügt (siehe auch Kniegelenk, Sehne des M. popliteus).

Beim menschlichen Embryo liegt anfänglich die Sehne außerhalb der Kapsel. Sie wird im dritten Fetalmonat in sie einverleibt (Abb. 168) und liegt schließlich in ihr wie der Herzschlauch im Perikard. Bei manchen Säugetieren bleibt die Sehne außerhalb der Kapsel (Schnabeltier, Maulwurf, Pferd usw.).

Die runde, strickförmige Ursprungssehne verbreitert sich konisch da, wo sie den Sulcus intertubercularis verläßt. Der Fleischkörper des Muskels kann deshalb nicht am Knochen scheuern. Er ist in die trichterartige Höhlung der Sehne eingepflanzt.

Je länger die Sehne ist, um so steiler springt der obere Rand des Muskelfleisches bei Kontraktionen vor. Das gleiche gilt für den unteren Rand: denn dieser geht ebenfalls in eine lange Insertionssehne über, welche am Radius (Tuberositas) festgeheftet ist. Sind beide Sehnen lang und ist das Muskelfleisch kurz und dick, so wird der Bizeps kuglig, wenn er verkürzt und straff ist. Gerade den unteren Rand des Muskelfleisches kann man bei nicht zu fetten Armen durch die Haut hindurch spielen sehen, wenn man den Muskel mehr oder weniger anstrengt (Abb. 169). Man sieht dabei, wie sich der Muskel unabhängig von der oberflächlichen Faszie hin und her verschiebt.

Caput breve

Das Caput breve entspringt vom Processus coracoides scapulae mit einer kurzen Sehne, die mit der des Korakobrachialis gemeinsam und mit welcher außerdem die Insertion des Pectoralis minor verankert ist (Abb. 128). Beide Muskeln, besonders der Korakobrachialis, werden vom übrigen Bizeps passiv mit bewegt, gerade wenn sie selbst unverkürzt bleiben. Der Bizepskopf liegt zuvorderst und ist schmaler als der Korakobrachialis, dessen mediale Kante frei bleibt. Beide Köpfe des Bizeps vereinigen sich in der Höhe der Tuberositas deltoidea. In seltenen Fällen kann man sie bis dahin getrennt durch die Haut sehen (Abb. 163). Die wirkliche Verschmelzung liegt immer mehr distal. Das Muskelfleisch des kurzen Kopfes reicht weiter auf den Unterarm zu als das des langen Kopfes und geht nur zum Teil in die gemeinsame Endsehne über. Ein Teil der Fasern (der geringere Teil des Caput breve) geht

in eine flache Endaponeurose ein, den Lacertus fibrosus (Abb. 99, 167, 178). Der Bizeps hat also zwei Ursprünge und zwei Insertionen. Der Lacertus zieht ulnarwärts und endigt in der oberflächlichen Faszie des Unterarms, die mit den Flexoren aponeurotisch zusammenhängt. Man sieht und fühlt ihn beim Lebenden durch die Haut der Ellenbeuge schräg nach dem Innenrand des Unterarms ziehen (Abb. 169). Er ist aus Fasern der oberflächlichen Armfaszie entstanden, welche unter die Wirkung von Muskelfasern des Bizeps gelangt und deshalb besonders ausgeprägt sind. Sie gehen ohne scharfe Grenze in die übrige Faszie über.

Der Lacertus ist ein wichtiges Mittel, das Niveau der Faszie festzustellen und prä- und subfasziale Gefäße und Nerven zu unterscheiden (siehe die präfaszialen Venen in Abb. 169). Bei dem Aderlaß (Venae sectio) war die Kunst die, den Lacertus nicht zu verletzen, weil unter ihm unmittelbar die große Schlagader liegt und bei zu tiefem Eingehen mit verletzt werden konnte (Arteria brachialis). Das ist bei intravenösen Injektionen an dieser Stelle auch heute noch beachtenswert.

Richtung u. seitliche Begrenzung des Gesamtmuskelbauches

Die Richtung des Gesamtmuskelbauches des Bizeps ist schräg auf die Ulna zu gerichtet. Darin stimmt er mit dem Brachialis überein. Der obere Teil ist verdeckt durch den Deltamuskel und Pectoralis major, die wie ein Vorhang bis zum Rand der Achselhöhle über ihn herüberhängen (Abb. 99). Erst in der Ellenbeuge biegt die Hauptendsehne zum Radius hin ab und nimmt erst hier eine andere Richtung an als die Sehne des Brachialis. Sie inseriert an einer Knochenkante zu hinterst an der Tuberositas radii und ist vorn von der Knochenfacette durch einen Schleimbeutel geschieden, Bursa bicipitoradialis (Abb. 194, 196). Man kann gelegentlich beim Lebenden in Pronationsstellung des Armes den Ansatz des Bizeps vom Rücken des Unterarms aus durchfühlen, wenn man die Tiefe unterhalb der Grube für das Radiusköpfchen abtastet. Die Lage des Muskels bringt es mit sich, daß er mit einer starken ulnaren Komponente den Radius gegen die Ulna zieht und verhindert, daß die Gelenkverbindung der beiden Nachbarknochen in irgend einer Stellung gelockert wird (Abb. 128, Pfeil).

Beiden Seiten des Muskels entlang ziehen Furchen, von denen besonders der Sulcus bicipitalis medialis tief und meist im Hautrelief gut ausgeprägt ist (Abb. 134). Er folgt nach oben dem M. coracobrachialis.

In ihm liegen Nerven und Gefäße, die man hier leicht abtasten kann (Nervus medianus und Arteria brachialis, Puls fühlbar, Abb. 165a). Eine oberflächliche Vene (Vena basilica brachii, Abb. 169) folgt regelmäßig dem Sulcus medialis, während eine andere (Vena cephalica brachii) dem Sulcus lateralis folgen kann, meist aber nur in seiner Nähe liegt.

Flexion u. Supination

Die eigenartige schräge Richtung des Bizeps zum Radius wird verständlich aus der Funktion des Muskels. Er ist nicht nur Beuger, sondern auch kräftiger Supinator. Die Sehne des Bizeps wird bei Pronation um den Radius gewickelt und kann dann wie ein echter Rollentrieb den Knochen in die Supination zurückdrehen (Abb. 179, 190). Der Mechanismus ist gleich dem eines Kreisels, von dem die herumgewickelte Schnur abgezogen wird (natürlich ist die Kreiselung des Radius weniger ausgiebig).

Auf die kräftige Supination des Bizeps sind viele Instrumente eingerichtet (Pfropfenzieher usw.). Man bohrt mittels Supinationsbewegungen, weil diese kräftiger sind als die Pronationen und fühlt dabei den Bizeps arbeiten; freilich wird meist auch eine Drehung des Humerus im Schultergelenk mit benutzt und deshalb der gebeugte Ellenbogen adduziert. Wird durch andere Muskeln (Pronator teres, Tab. Nr. 9) die Supinationswirkung gehemmt oder ist der Radius bereits supiniert, so kommt die Kraft des Muskels der Flexion allein zugute.

Der Bizeps kann sich in Supinationsstellung des Armes am stärksten zusammenziehen und die meiste Arbeit leisten. Beide Köpfe zusammen können stärker als der Brachialis beugen. Die Bizepskugel steigt am höchsten in dieser Stellung und sinkt sofort abwärts, wenn man den Arm ohne den Flexionswinkel



zu ändern, pronieren läßt. Bei vielen Menschen verschwindet die Kugel sogar in diesem Falle. Der Lacertus fibrosus wirkt gleichzeitig auf die ulnare Seite des Armes und kompensiert zusammen mit dem Brachialis den einseitigen Zug des Bizeps am Radius. Die Flexoren des Vorderarms werden durch den Lacertus eingedellt (Abb. 169; in Abb. 132 ist die Delle vom Verweisungsstrich für das Capitulum radii durchschnitten). Ihre Muskelbäuche werden durch diesen Faszienzug verhindert, durch ihr Gewicht am Innenrand der Ulna herabzusinken, wenn sie schlaff sind.

Wirkung auf das Schulter- u. Ellenbogengelenk

Der Bizeps ist ein zweigelenkiger Muskel. Er überspringt das Schulter- und Ellenbogengelenk. Die Wirkung auf die Bewegungen des Gesamtarmes in der Schulter (S. 290, 292) ist bei maximaler Anstrengung um $^1/_3$ geringer als auf die Flexion und Supination des Unterarmes. Der Trizeps kann umgekehrt für die Schulter mehr als für den Ellenbogen leisten (etwa die Hälfte mehr). Die Einzelleistungen des Bizeps für das Ellenbogengelenk sind oben aufgezählt.

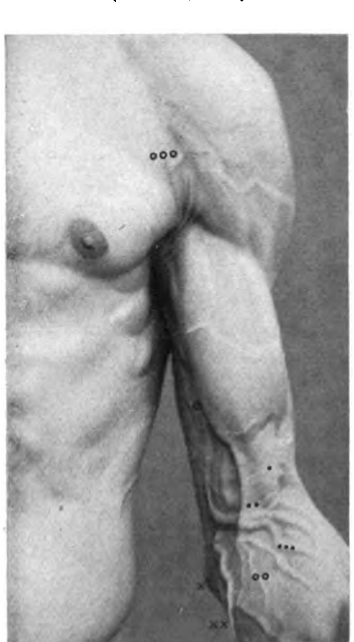


Abb. 169. Arm von vorn, fast rechtwinklig im Ellenbogen gebeugt. (Hand mit Gewicht beschwert.) Photographie eines muskelkräftigen, sehr mageren Mannes.
o Sulcus bicipitalis medialis, medial vom aktiv gestrafften Bizeps. . Sehne des Bizeps. .. Lacertus fibrosus. o o Pronator teres. o o o Pars clavicularis des Pectoralis major, darauf Achselfältchen. × Epicondylus medialis humeri. × × Delle im Fleisch der Flexoren des Unterarmes, hervorgerufen durch den Lacertus fibrosus. ... Vena mediana cubiti, in den Sulcus bicip. med. als Vena basilica brachii fortgesetzt.

Innervation: Nervus musculocutaneus. Segmentale Nerven: C 5, C 6. Blutzufuhr: Rr. musculares aus A. axillaris; Rr. bicipitales aus A. brachialis. Schleimbeutel: Außer der oben genannten Bursa bicipitoradialis, welche hindert, daß die Sehne bei Pronation und Supination am Knochen scheuert, ist noch eine Bursa cubitalis interossea zwischen der Sehne und der Ulna aus der gleichen Ursache eingeschaltet. Im Ligamentum interosseum bleibt eine Lücke frei, in welche die Tuberositas radii mit der Bizepssehne bei Pronation hineingezwängt wird. Die Chorda obliqua versteift den Rand der Lücke und bremst meist zu heftige Supinationen. Varietäten und pathologische Zustände: Das Caput longum kann fehlen oder vom Humerus entspringen. Relativ häufig (10% der Fälle) ist ein Caput tertium, das vom Humerus entspringt (Septum mediale); auch ein zweiter Kopf vom Humerus kommt vor (der ganze Muskel wird in diesen Fällen auch Trizeps resp. Quadrizeps genannt). Die Insertion kann außer an den Radius auch an die Ulna gehen.

Bei Lähmungen der vorderen Muskelgruppe (N. musculocutaneus) ist die Funktion des Armes viel mehr gestört als bei Lähmung des Trizeps. Letzteren kann das Gewicht des Unterarms vertreten, das streckend wirkt. Weil das lebendige Gegengewicht fehlt, ist der Verlust der Beuger ein sehr empfindlicher Ausfall (siehe Beugefunktion des Brachioradialis, Tab. Nr. 23). Das Schultergelenk schließt nicht mehr fest und ist, weil es wackelt, schmerzhaft. — Bei der Radialislähmung ist die Supination des Radius nur durch den Bizeps möglich, da dann seine Synergisten, vor allem der M. supinator (Tab. Nr. 13), ausgeschaltet sind. Bei gestrecktem Arm kann der Bizeps nicht supinieren. Man muß diese Stellung anwenden, wenn man den Supinator allein prüfen will. Bei Radialislähmung ist nur in Streckstellung Supination unmöglich! — Die Bursa bicipitoradialis kann, wenn sie anschwillt, den benachbarten Ramus interosseus volaris des N. medianus komprimieren und Muskelschwäche im Vorderarm hervorrufen. — Die Haut über dem Bizeps ist dünn, glatt und beweglich; sie wird gern zur künstlichen Deckung von Defekten benutzt (künstliche Nase).

c) Hintere (dorsale) Gruppe der Oberarmmuskeln. Tab. Nr. 3—4.

M. triceps brachii (Tab. Nr. 3),

Musculus triceps brachii. Der Muskel hat drei Ursprungsköpfe, von welchen einer, Caput mediale, für sich allein eine tiefe Schicht unmittelbar

auf dem Humerus bildet; die beiden anderen, Caput laterale und Caput longum, liegen oberflächlich und schichten sich über den tiefen Kopf. Darin besteht eine gewisse Ähnlichkeit mit der vorderen Gruppe, bei welcher auch ein tiefer Muskel (Brachialis) dem doppelköpfigen Bizeps als Matratze dient. Aber von den beiden oberflächlichen Köpfen des Trizeps entspringt nur das Caput longum am Schultergürtel, das Caput laterale entspringt vom Humerus (beide Köpfe des Bizeps kommen dagegen vom Schulterblatt). Abb. 129, **131**, 132, 165, 167, **170**, 171, 182

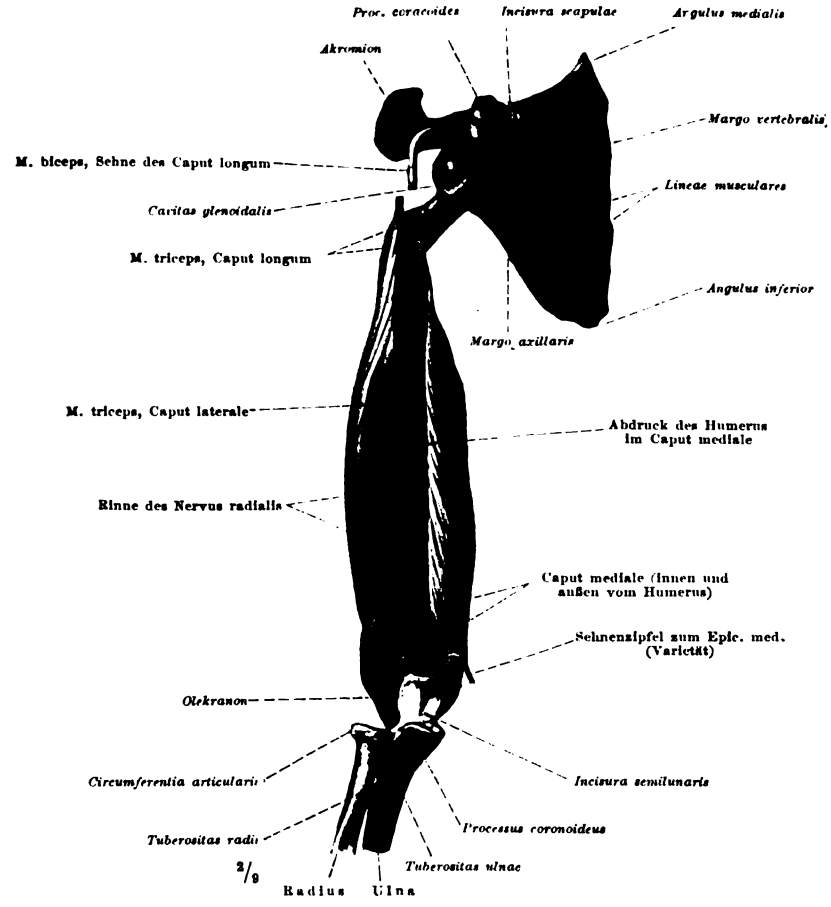


Abb. 170. **Skelettseite des M. triceps (nach Wegnahme des Humerus), natürliche Lage der Knochen und des Muskels in Normalstellung des Armes (Muskeltorso). Atypischer Insertionszipfel des Caput mediale am Epicondylus medialis humeri.**

Caput mediale

Das Caput mediale ist zum größten Teil von den beiden anderen Köpfen verdeckt. Die Ursprungsfläche am Knochen ist sehr groß (Abb. 129); sie geht von der Spiralrinne für den Nervus radialis bis dicht an die Gelenkkapsel des Ellenbogengelenkes hinab und hält außer der Hinterfläche des Humerus auch die beiden Septa intermuscularia, besonders das ganze mediale, besetzt. Die Fleischfasern, welche auf dieser großen Fläche entspringen, sind fächerförmig angeordnet (Abb. 170). Am medialen Rand beginnen die längsten Fasern, die in der Richtung des Humerus verlaufen; der Nervenrinne entlang bis zum Epicondylus lateralis folgen dann immer kürzere Fasern, die immer

mehr schräg und schließlich fast quer stehen (Abb. 129, Pfeile). Der Muskel umgreift deshalb das Olekranon nach der **radialen** Seite zu und liegt **außen** am Arm an einer kleinen Stelle frei zutage (Abb. 182).

Die Spitze des Epicondylus lateralis selbst ist frei von Ursprüngen und sinkt deshalb in den Wall von Muskeln ein, der sie umgibt. In der Haut ist der Knochenhöcker als **Grübchen** sichtbar. Vorsprünge des Skeletts sind keineswegs immer Prominenzen in der Haut, wie man glauben könnte; der Epicondylus lateralis und medialis sind darin Beispiel und Gegenbeispiel (Abb. 171).

Abb. 171. Hinterseite des Armes in halb pronierter Stellung des Unterarmes (sehr magerer, muskelkräftiger Mann).

Die am weitesten oben am Humerus entspringenden Fasern des Caput mediale liegen in der gleichen Richtung wie die Fasern des M. coracobrachialis. In diesen, vom Processus coracoides zum Olekranon verlaufenden Muskelzug, ist die Mitte des Humerus eingeschaltet. Über die Bedeutung des Zuges siehe S. 324.

Die beiden anderen Köpfe des Trizeps legen sich so über den Fächer des Caput mediale, daß man äußerlich von ihm nur die mediale Randpartie sieht (Abb. 171, 131); das unterste Stück des lateralen Randes liegt sehr versteckt, ist zwar außen am Arm an der Leiche immer zu finden (Abb. 182), am Lebenden aber nicht zu sehen. Caput „mediale" ist der Kopf deshalb genannt, weil er vor den beiden anderen voraus hat, daß er am medialen Rand des Oberarmes liegt; aber er ist keineswegs ein **rein** medialer Muskel, wie oft irrtümlich aus dem Namen geschlossen wird. Dieser gilt a potiori.

Caput laterale

Das **Caput laterale** entspringt außen von der Nervenrinne des Humerus (Abb. 129). Seine Anheftung am Knochen ist nicht flächig wie beim Caput mediale, sondern linear (Abb. 170). Dieser Kopf liegt rein oberflächlich und ist durch die Haut ganz sichtbar (Abb. 171, 131).

Der Muskel liegt rein lateral. Der Ursprungsstreifen kann bis zum Tuberculum majus heraufreichen, macht an der Insertion des Deltamuskels einen stumpfen Knick und geht abwärts auf das laterale Septum über. Er reicht distalwärts über den Hiatus im Septum hinab, durch welchen der Nervus radialis hindurchgeht, oft weiter, oft weniger weit.

Caput longum

Das **Caput longum** hat seinen Ursprung an der Tuberositas infraglenoidalis der Skapula unterhalb der Gelenkpfanne und außerhalb der Gelenkkapsel (Abb. 130). Die Ursprungssehne ist am Schulterblatt randständig (Abb. 170); neben der Sehne entspringt das Muskelfleisch manchmal direkt vom Periost und reicht gelegentlich über den Knochenhöcker hinaus am Achselhöhlenrand des Schulterblattes weiter auf den Angulus inferior scapulae zu (erreicht diesen sogar als seltene Variation). Der Kopf hat die längsten Muskelfasern, aber geringeren Querschnitt und deshalb weniger Kraft, als das

Caput laterale und Caput mediale einzeln haben. Der Muskel schlüpft von seinem Ursprung aus im Bogen zwischen Teres major und Teres minor hindurch (Abb. 171). Die Stelle ist nach außen vom Deltamuskel teilweise überdeckt. Es bleiben hüben und drüben vom langen Kopf kleine Lücken zwischen den angrenzenden Hart- und Weichteilen frei, welche Nerven und Gefäßen den Weg von der Außenfläche der Skapula zur Achselhöhle frei geben: Achsellücken (Abb. 167, siehe die Beschreibung der Achsellücken, S. 247).

Der Trizeps hat eine große oberflächliche Sehnenplatte, welche in die Insertionssehne am Olekranon übergeht. Bei aktiver Verkürzung des Muskelfleisches liegt das Sehnenfeld vertieft; es ist durch die Haut sicht- oder fühlbar (Abb. 171). Die Sehenfasern setzen die Muskelfasern des Caput laterale fort (Abb. 131). Das Caput longum inseriert am Sehnenfeld seitlich, ebenso weiter distal das Caput mediale. Die Spitze des Sehnenspiegels liegt in dem Winkel zwischen Caput longum und Caput laterale und ist wie ein Zeiger nach dem Ursprung des langen Kopfes am Schulterblatt gerichtet. Wenn dieser Muskel durch Rotationen im Schultergelenk passiv um den Humerus herumgewunden wird, so steht die Spitze des Sehnenspiegels entsprechend schräg, in Normalstellung des Armes mehr gerade. Sehnenfeld

Der lange Kopf liegt medial neben dem Humerus. Man darf sich nicht verleiten lassen, in der Richtung des Caput longum diesen Knochen und das Schultergelenk zu suchen; denn zu letzterem biegt erst die Sehne des Caput longum hin, indem sie den Teres major als Hypomochlion benutzt (Abb. 170, vgl. auch S. 247).

Die starke Endsehne, die am Olekranon festgeheftet ist (Abb. 129), ist sehr breit und dick. Beim Erwachsenen ist der Knochenvorsprung ein wirksamer Hebel: sein Moment nimmt aber von der rechtwinkeligen Beugestellung im Ellenbogen bis zur völligen Streckung rasch ab. Im Gegensatz dazu wird das Moment der Beugemuskeln weniger vermindert, je spitzwinkeliger die Beugung wird.

Eine Nebenausstrahlung der Trizepssehne geht ähnlich dem Lacertus fibrosus des Bizeps in die Unterarmfaszie über und liegt über dem M. anconaeus (Tab. Nr. 4): der letztere ist mit den straffen derben Fasern so stark überdeckt, daß er von Anfängern bei der Präparation oft nicht gefunden wird.

In der aufrechten Körperstellung des Menschen hat der Trizeps vor den Beugemuskeln den Vorteil, daß ihn das Gewicht des Armes unterstützt. Bei Lähmung des Muskels kann ihn die Schwere so ersetzen, daß bei herabhängendem Oberarm die Funktion des Armes scheinbar nicht gestört ist. Sowie man den Oberarm hebt und nun versucht den Unterarm gegen die Schwere zu strecken, so tritt der Defekt sofort zutage (z. B. beim Hutabnehmen). Sehr anschaulich ist in solchen Fällen, wenn der Unterarm bei erhobenem Oberarm zuerst durch fremde Hilfe passiv gestreckt und dann plötzlich losgelassen wird: der Unterarm fällt sofort hemmungslos d. h. blitzschnell herunter. Der Trizeps ist der einzige wirklich brauchbare Strecker für den Ellenbogen. Der einzige Streckmuskel des Ellenbogens

Einige der Extensoren des Unterarms, die vom Humerus entspringen, haben zwar auch eine geringe streckende Komponente, die aber nur ein wenig den Trizeps unterstützen, ihn nicht ersetzen kann. Im Gegensatz dazu hat die vordere Gruppe der Oberarmmuskeln für die Flexion im Ellenbogen viel ausgiebigere Synergisten unter den Unterarmmuskeln (siehe Brachioradialis, Tab. Nr. 23).

Der lange Kopf ist zweigelenkig, die beiden kurzen Köpfe sind eingelenkig. Alle können zusammen arbeiten oder der lange Kopf wirkt allein. Letzterer kann für das Schultergelenk bei maximaler Anstrengung um die Hälfte mehr Arbeit aufbringen als für den Ellenbogen. Beziehung zum Schultergelenk

Der Humerus hängt zwischen dem Caput longum tricipitis, dem Deltoides und dem Korakobrachialis so, daß die Komponenten des Latissimus, Pectoralis major oder von außen angreifende Kräfte, welche ihn nach unten ziehen und eventuell aus dem Schultergelenk luxieren würden, jeweils einen regulierbaren Widerstand in diesen Muskeln finden (vgl. Pfeile in Abb. 128, 129). Der Deltamuskel ist kegelförmig um den Oberarm herumgelegt und durch die breite Ursprungsfläche am Schultergürtel jederzeit bereit, den Gegendruck gerade an der Stelle zu verstärken,



wo er am nötigsten ist. Der Korakobrachialis setzt als schmaler Streifen medialwärts den Kegel fort. Das freibleibende Segment kann der lange Kopf des Trizeps der Masse nach nicht vollkommen ausfüllen, wohl aber durch seine Tätigkeit, weil er durch die Benutzung des Teres major mehr nach vorn oder hinten gestellt werden kann. In dem Grade als er den Teres major als Hypomochlion benutzt, wechselt er seine Lage und Zugrichtung und leistet damit das gleiche wie ein breiter Muskel. Da außerdem die Sehne des Latissimus mit der Sehne des Caput longum durch eine bindegewebige Brücke zusammenhängt, so kann sie durch letztere in der Richtung auf das Tuberculum minus verstellt werden.

Zu den transversal gerichteten Drehmuskeln des Schultergelenkes, welche den Kopf des Humerus gegen die Pfanne anpressen (Abb. 103), kommt der geschilderte oberflächliche Muskelkegel hinzu, um den Humerus in der Längsrichtung des Knochens gegen das Schulterdach zu fixieren. Die Komponenten des Kegels sind kulissenartig geordnet, so daß die Drehmuskeln, welche am Humerus angreifen, zwischen ihnen passieren können.

Höchste Leistung, Insuffizienz, Übersuffizienz

Bei gebeugtem Ellenbogen ist der Muskel in allen Teilen gedehnt und in Bereitschaft zu stärkster Streckung (Fechterstellung in verhangener Auslage). Der einzige Angriffspunkt ist die Ulna, auf deren Streckung die Hauptkomponente des Muskels ungeschmälert hinzielt. Bei gestrecktem Ellenbogen und gleichzeitiger Bewegung des Schulterblattes nach hinten unten kann der lange Kopf um fast 7 cm zusammengeschoben werden, so daß er selbst bei gebeugtem Arm insuffizient wird. Wichtiger ist, daß gewöhnlich bei gestrecktem Ellenbogen die Knochen durch Anschlag des Olekranon an den Humerus eher arretiert werden, als die Beuge- und Streckmuskeln des Ellenbogens ihren höchsten Kontraktionsgrad erreicht haben (Übersuffizienz). Alle vermögen gemeinsam ihren Überschuß an Kraft zu energischer Versteifung des Gelenkes auszunutzen und verwandeln so den Arm bei allen Stützstellungen in einen festen Stab, wie wenn er durch einen durchlaufenden Knochen anstatt durch mehrere) versteift wäre.

Alle Köpfe wirken zusammen auf den Unterarm. Das Caput longum liegt medial vom Knochenschaft, das Caput laterale auf und lateral von ihm; letzteres ist um so viel stärker, daß beide sich die Wage halten. Das Caput mediale ist gleichmäßig auf beide Seiten verteilt.

Nebenbewegungen, wie sie der Bizeps bei der Supination des Radius ausübt, fehlen auf der Dorsalseite. Die Insertion an der Kapsel des Ellenbogengelenkes verhindert, daß bei erschlaffter Kapsel Falten ins Innere vorgedrängt und gequetscht werden.

Die radiale Nebenkomponente, die namentlich in den lateralen Schräg- und Querfasern des Caput mediale steckt (und des M. anconaeus, Tab. Nr. 4), ist gegenüber dem ganzen Muskel unbedeutend. Sie wird beim Anconaeus und beim Ellenbogengelenk betrachtet werden.

Innervation: Nervus radialis. Segmentale Nerven C 6, C 7, C 8 und zwar Caput laterale: (C 6), C 7, (C 8), Caput longum: (C 6), (C 7), C 8, Caput mediale: (C 6), C 7, C 8. Blutzufuhr: A. circumflexa humeri posterior aus A. axillaris, A. profunda brachii und Aa. collaterales ulnares aus A. brachialis. Schleimbeutel: bei Erwachsenen liegt regelmäßig ein Schleimbeutel zwischen dem Olekranon und der Haut, Bursa subcutanea olecrani (1), nicht selten einer innerhalb der Sehnenfasern oberhalb des Olekranon, Bursa intertendinea (2), und seltener einer zwischen Sehne und Fett der Gelenkkapsel, Bursa subtendinea (3). Sie können bei dem gleichen Individuum zu zweit (eins und zwei oder eins und drei) oder zu dritt vorhanden sein. Die oberflächliche Bursa ist sehr verschieden groß und oft gekammert. Bei Arbeiten, die Anstemmen des Ellenbogens gegen eine harte Wand oder dgl. verlangen, gehören Schwellungen dieses Schleimbeutels zu den häufigen Berufskrankheiten (Hygroma olecrani der Minenarbeiter). Mit dem Gelenk haben die Schleimbeutel nichts zu tun. Gelenkschwellungen sitzen immer an ganz anderer Stelle (seitlich von der Trizepssehne). Varietäten des Trizeps sind im Gegensatz zu den ventralen Muskeln relativ selten. Erwähnenswert ist der M. epitrochleoanconaeus, welcher den Sulcus nervi ulnaris hinter dem Epicondylus medialis überbrückt. Geht man von der Dorsalseite aus auf den Nervus ulnaris ein, so kann dieser anomale Muskel im Wege sein. Er ist vom Nervus ulnaris versorgt, steht also genetisch dem M. flexor carpi ulnaris nahe (Tab. Nr. 12). Faserverlauf und Nachbarschaft bestimmen mich, ihn hier dem Caput mediale des Trizeps anzureihen. Apo-



neurotische Abzweigungen können das Caput mediale mit dem Epicondylus medialis verbinden; die Pforte dient nicht dem N. ulnaris zum Durchtritt, sondern dieser läuft dorsal an ihr vorbei (Abb. 167, Varietät, dahinter Pfeil).

M. anconaeus (Tab. Nr. 4), Abb. 129, 132, 175, 180, 182, 183

Musculus anconaeus. Der Muskel schließt sich oft kontinuierlich an das Caput mediale des Trizeps an, und zwar an das unterste Ende der lateralen Portion (Abb. 182). Die Muskelfasern verlaufen wie bei jener fast quer vom Epicondylus lateralis zur Ulna, nehmen aber, je weiter wir dem Muskel distalwärts folgen, eine immer schrägere bis longitudinale Richtung ein (Abb. 180).

Der Ursprung läßt am Epicondylus lateralis die Spitze des Knochenhöckers frei und setzt sich auf das Verstärkungsband der Gelenkkapsel und die Faszien der hier entspringenden Streckmuskeln fort. Die Insertion erstreckt sich auf das obere Viertel des Schaftes der Ulna und liegt hier neben dem Ursprung des M. supinator (Tab. Nr. 13). Der Muskel ist kurzbündelig und dick. Aber da er unter der aponeurotischen Ausstrahlung des Trizeps in die Unterarmfaszie versteckt liegt, so sieht er im Oberflächenrelief platt aus. Eine dreieckige Stelle kennzeichnet beim Lebenden die Lage und Form des Muskels (Abb. 132, 183). Die Basis des Dreiecks liegt zwischen dem Höcker des Olekranon und dem Grübchen des Epicondylus lateralis; die Spitze fällt distalwärts auf die Ulnakante.

Der Ankonaeus unterstützt den Trizeps beim Strecken des Ellenbogens. Er hat eine starke radiale Komponente, welche die Ulna gegen den Radius drückt und den Schluß beider Knochen begünstigt. Ebenso wirkt der Bizeps, aber in entgegengesetzter Richtung. Am wichtigsten ist die Beziehung zur Gelenkkapsel, mit welcher der Ursprung verbunden ist. Falten in der Kapsel an dem hier am weitesten distal vorgebuchteten Teil des Gelenkes werden nach auswärts gezogen, so daß sie nicht eingeklemmt werden können.

Der Muskel ist nachträglich auf die Hinterseite des Unterarmes verschoben und zur Enklave der dorsalen Muskeln des Oberarmes zwischen den Streckmuskeln des Unterarmes geworden.

Oft besteht zwischen Trizeps und Ankonaeus eine Lücke in der Muskulatur; der Nerv für den Ankonaeus kommt aber immer aus den Muskelästen des Caput mediale tricipitis.

Wenn man die Köpfe des Trizeps „Anconaei" nennt, so heißt folgerichtig unser Muskel Anconaeus quartus, ein Name, der früher allgemein üblich war und jetzt noch vielfach benutzt wird.

Innervation: N. radialis. Segmentale Nerven: C 7, C 8. Blutzufuhr: A. interossea recurrens aus A. interossea dorsalis. Schleimbeutel: Zwischen der Unterfläche des Muskels und der Gelenkkapsel, distal von den Ursprüngen an dieser, liegt ein Schleimbeutel, der beim Erwachsenen meistens mit dem Gelenk kommuniziert.

d) Die Gruppenfaszie des Oberarmes.

Außer den Faszien der einzelnen Muskeln gibt es Faszien, welche mehrere Muskeln zusammen einhüllen, Gruppenfaszien; sie sind an den Extremitäten besonders entwickelt. Am Oberarm umgibt die Fascia brachii den ganzen Arm, zerfällt aber in zwei Logen für die beiden Armmuskelgruppen (Abb. 165a). Über der vorderen Gruppe (blau) liegt die Faszie auf dem Bizeps, proximal geht sie in die Faszie des Deltoides und in die Fascia axillae über, zu beiden Seiten bedeckt sie den Brachialis und inseriert an den Septa intermuscularia, distal setzt sie sich in die Fascia antibrachii fort. Den Übergangsteil nennt man Fascia cubitalis; sie ist durch den Lacertus fibrosus verstärkt. Die Muskeln liegen also in einer osteofibrösen Loge, die nur nach der Schulter und nach dem Unterarm zu offen ist und ihnen eine röhrenförmige Führung gibt. Es existieren nur kleinere Öffnungen in der Fascia brachii für den Durchtritt der Hautgefäße und -nerven.



Für die hintere Muskelgruppe (rot) gibt es eine entsprechende Loge, da auch hier die Fascia brachii beiderseits an den Septa intermuscularia befestigt ist. Proximal setzt sie sich auf die Faszie des Deltoides und Infraspinatus fort. Mit der Sehne des Latissimus ist sie verwachsen. Distal ist sie in die Vorderarmfaszie zu verfolgen.

Beide Führungen nehmen den Knochen in die Mitte und pressen sich lateral vom Humerus fest aneinander. Das laterale Septum ist dünn und bei muskelschwachen Menschen distal vom Hiatus für den N. radialis (Abb. 128, 129) so zart, daß es oft kaum nachgewiesen werden kann. Die Außenseite des Armes sieht infolgedessen gerundet aus. Die Innenseite hat eine äußerlich meist gut sichtbare Längsrinne über dem Septum mediale, weil hier beide Logen entfernter voneinander liegen.

In dem medialen Zwischenraum zwischen den beiden Muskelgruppen verläuft ein ganzes Bündel wichtiger Gefäße und Nerven (Abb. 165a, siehe die dort notierten Namen).

e) Allgemeines über die Unterarmmuskeln.

Gesamtform des Vorderarmes

Neunzehn verschiedene Muskeln drängen sich am Unterarm auf relativ sehr beschränktem Raum zusammen (Tabelle Nr. 5—23 [mit dem Ankonaeus sind es zwanzig]). Das Muskelfleisch liegt mehr im proximalen Teil, seine Fortsetzungen zur Hand sind sehnig. Deshalb ist der Vorderarm nicht zylindrisch wie der Oberarm, sondern er verjüngt sich konisch zur Handwurzel hin. Die Anordnung der ventralen und dorsalen Muskulatur ist anders als beim Oberarm (Abb. 165a, b); denn die meisten ventralen Muskeln sind mit den Ursprüngen auf den Epicondylus medialis, die dorsalen auf den Epicondylus lateralis verschoben (Abb. 172). Solange die Muskelgruppen ihre primitive Lage haben — beim Oberarm —, sind die Durchmesser beim Arm gleich groß (muskelschwache Individuen) oder der ventrodorsale Durchmesser ist größer (muskulöse Individuen, Abb. 165a). Von der Ellenbeuge ab ist jedoch regelmäßig in Normalstellung des Armes der radio-ulnare Durchmesser größer. Die Gesamtform des Unterarmes entspricht einem von vorn nach hinten abgeplatteten Kegel.

Die Muskeln gruppieren sich innerhalb des Kegels um, sobald die Normalstellung (Supination) verlassen wird, also bei der Pronation. Der pronierte Unterarm sieht in der Ansicht von vorn runder aus als der supinierte (Abb. 165b, ausgezogener und gestrichelter Kontur), weil die Muskeln die Drehung der Unterarmknochen um die Diagonalachse mitmachen (Abb. 172b). Sieht man von vorn auf den pronierten Arm, so stehen im oberen Drittel des Unterarmes nicht nur die beiden Knochen (Abb. 149b), sondern auch viele Muskeln hintereinander, die sonst nebeneinander liegen.

Auf dem Querschnitt bleibt der elliptische Kontur in Wirklichkeit fast unverändert, nur steht die Achse der Ellipse entsprechend dem Grade der Pronation verschieden und erscheint für den Beobachter, der von vorn den Arm betrachtet, mehr oder minder verkürzt (Abb. 165b; die Vorderseite sieht in der Abbildung nach unten). In der Gleichgewichtslage, in der wir den ruhig herabhängenden Arm bei Seitenansicht zu sehen gewohnt sind, wendet uns der pronierte Unterarm seine Breitseite zu und erscheint gerade so breit wie die Seitenfläche des Oberarmes (Abb. 132); denn bei letzterem haben wir in dieser Ansicht den dorsoventralen, beim Unterarm den radioulnaren Durchmesser, in beiden Fällen also die größten Abstände vor uns (man überzeuge sich, daß in beiden Querschnitten der Abb. 165 die längsten Durchmesser ungefähr gleich groß sind).

Lagewechsel der Muskeln bei Pro- und Supination

Die Situation der Muskeln wird in hohem Grade durch die Pro- und Supination der Knochen beeinflußt, auch wenn sie gar nicht aktiv an dieser Bewegung beteiligt sind. Um dies klar zu machen, greifen wir die Muskeln heraus, welche lediglich den Karpus bewegen (in Abb. 172 sind die natürlichen



Richtungen dieser 5 Muskeln auf der Vorder- und Hinterseite des Unterarmes durch 2 schwarze und 3 rote Linien — eine gestrichelt — übersichtlich wiedergegeben; von den Namen können wir vorerst absehen, sie sind in der Figurenerklärung angeführt).

In jeder Stellung ist ein Teil der Muskellinien randständig, die anderen verlaufen schräg zum gegenüberliegenden Rand der Hand; aber die Beziehung alterniert, denn die bei Supination schräg stehenden Muskeln (sich kreuzende rote und schwarze Linie in Abb. a) werden bei Pronation randständig (Abb. b) und umgekehrt. Daraus folgt, daß das auf der Vorderseite des Unterarmes zwischen den Muskellinien eingeschlossene Dreieck (grau) bei Pronation der Hand nach hinten umkippt; umgekehrt kippt das auf der Hinterseite des Unterarmes zwischen den Muskellinien eingeschlossene Dreieck (rot) bei Pronation nach vorn um.

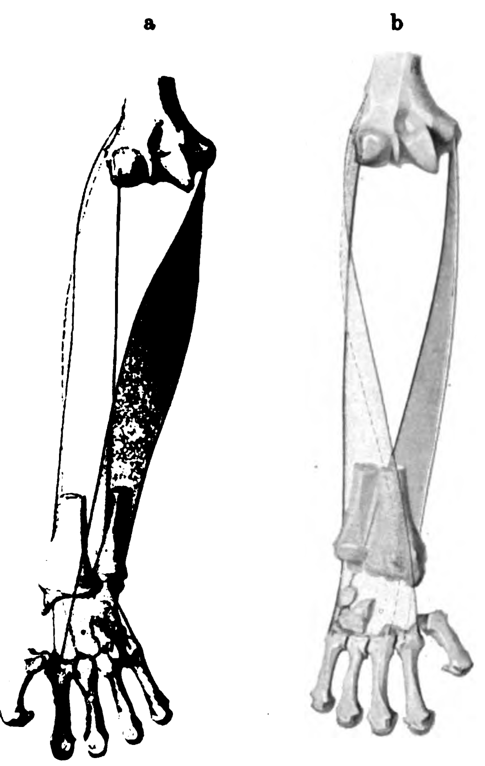


Abb. 172. Lage der Muskeln am Vorderarm. Von den Karpalia sind nur das Pisiforme und Hamatum eingetragen (die einzigen, an welchen die abgebildeten Muskeln inserieren). Vom Epicondylus medialis humeri aus geht der M. flexor carpi radialis (rote Linie) und M. flexor carpi ulnaris (schwarze Linie). Vom Epicondylus lateralis humeri und etwas weiter oberhalb entspringen der M. extensor carpi radialis longus (ausgezogene rote Linie), der M. extensor carpi radialis brevis (gestrichelte rote Linie) und der M. extensor carpi ulnaris (schwarze Linie). Die Muskellinien entsprechen der natürlichen Lage beim Lebenden. Die schwarzen Linien sind für die beiden ulnaren, die roten Linien für die drei radialen Muskeln gewählt. a) in Supinationsstellung. b) in Pronationsstellung. Hand in bequemer Haltung (ein wenig ulnar abduziert). Der Mittelfinger liegt in der Pronationsachse.

In planimetrischen Darstellungen ist der Verlauf der schrägen Muskeln nicht in einem Bilde darzustellen; deshalb ist der Wechsel zwischen der verschiedenen Situation der Muskeln in Abbildungen nicht so deutlich wie am lebendigen Arm. Man wird sich leicht an sich selbst überzeugen können, wie die randständigen und schrägen Lagen bei Pro- und Supination beständig wechseln. Um aber für die Beschreibung einen festen Ausgangspunkt zu haben, legt man ihr die Normalstellung, die Supination, zugrunde. Wesentlich ist, sich bewußt zu bleiben, daß jede andere Stellung für die Richtung der Muskeln Umänderungen im Gefolge hat, welche verstanden sein müssen, ehe man den Muskel beim Lebenden finden und die Form des lebendigen Armes verstehen kann. Gerade die ungezwungene Ruhelage des herabhängenden Armes ist keine Supination, sondern eine Zwischenstellung zwischen Supination und Pronation (Abb. 132). Für sie gilt also das übliche Ausgangsschema der Normalstellung durchaus nicht. In Abb. 173 (Hypersupination) liegen beispielsweise die beiden Extensores carpi randständig und gradlinig an der Außenseite des Unterarmes dem Beschauer zugewendet; in Abb. 132 (halbe Pronation) sind die gleichen Muskeln nur im oberen Drittel des Unterarmes zu sehen, weil sie sich weiter unterhalb spiralig um den Vorderkontur herum auf die nach dem Körper schauende Fläche des Unterarmes winden (vgl. mit Abb. 172a, b).

Aus den weiter unten folgenden Einzelbeschreibungen der Unterarmmuskeln für die Normalstellung wird jeder sich an der Hand der hier gegebenen Erläuterungen die Lage der Muskeln bei anderen Stellungen klar machen können. Dies im einzelnen hier auszuführen, würde viel zu umständlich sein.

Drei verschiedene Insertionsarten

Außer den oben herausgegriffenen Muskeln für die Bewegung des Karpus (Insertion direkt oder indirekt am Metakarpus, Abb. 172) gibt es unter den Unterarmmuskeln solche, welche lediglich die Unterarmknochen bewegen (Insertionen am Radius), und solche, welche die Finger bewegen (Insertionen an den Phalangen). Die Muskeln, welche am Radius inserieren, führen aktiv die Pronation und Supination aus (zusammen mit dem Bizeps am Oberarm); sie sind die eigentliche Ursache für die Lageveränderung nicht nur der Knochen — deren passives Verhalten selbstverständlich ist — sondern auch aller Muskeln, welche zur Hand gehen. Die langen Fingermuskeln, welche an den Phalangen inserieren, gehen gemeinsam mit den Muskeln für den Karpus zur Hand. Ich sehe hier zunächst von den langen Muskeln für den Daumen ab, sondern habe nur die für die vier anderen Finger bestimmten Muskeln im Auge. Sie erleiden das gleiche Schicksal bei Pro- und Supinationen wie die Karpalmuskeln, d. h. die langen Fingermuskeln wechseln passiv ihre Lage. Man kann sich schematisch vorstellen, daß diese Muskeln innerhalb der Dreiecke angeordnet sind, die je von den Flexores und den Extensores carpi begrenzt werden (Abb. 172). Das Flexorendreieck (grau) enthält die Sehnen der langen Fingerbeuger (Flexores digitorum) und das Extensorendreieck (rot) enthält die Sehnen der langen Fingerstrecker (Extensores digitorum). Die Muskelbäuche ragen etwas in die zwischen den roten und zwischen den schwarzen Muskellinien gelegenen, mit der Spitze distalwärts gerichteten weißen Dreiecke hinein; außerdem liegen in letzteren die am Radius inserierenden Unterarmmuskeln und die Ursprünge der langen Daumenmuskeln (siehe unten).

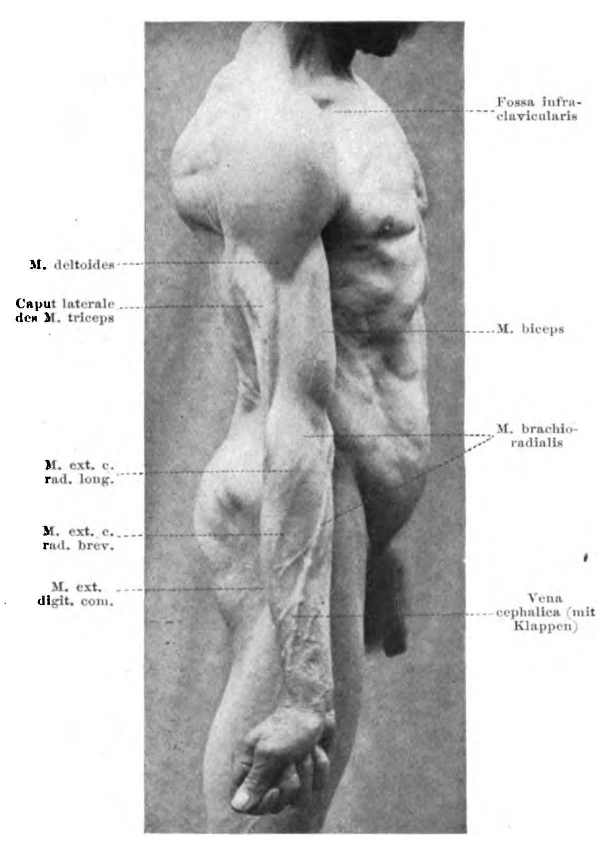


Abb. 173. Unterarm in Hypersupination, sehr magerer, muskelkräftiger Mann. Photo. Der Schultergürtel ist im ganzen gesenkt.

Aus Abb. 172 ist ersichtlich, daß die langen Fingermuskeln ihre Richtung in weniger ausgeprägtem Maß als die Karpalmuskeln ändern. Derjenige Muskelteil, dessen Sehne in der Richtung der jeweiligen Momentanachse für die Pronation liegt, bleibt sogar unverändert liegen. Aber hüben und drüben von der genannten Achse, die wir willkürlich ändern können (S. 320), trifft jeweils die typische Änderung auch die langen Fingermuskeln; der Unterschied ist nur ein gradueller gegenüber den Karpalmuskeln. Die am Radius inserierenden Muskeln sind ebenfalls betroffen (Abb. 179); sie liegen so versteckt, daß man am Lebenden davon nichts sehen kann.

Die langen Daumenmuskeln

Im vorhergehenden sind drei Kategorien von Unterarmmuskeln unterschieden worden, je nachdem sie inserieren 1. am Radius, 2. (am Karpus und) am Metakarpus, 3. an den Fingern. Zu der dritten Kategorie sind die langen Daumenmuskeln nachzutragen, deren Besonderheit in der großen Bewegungsfreiheit des Daumens begründet liegt. Das Metakarpale des Daumens ist nicht unbeweglich mit dem Karpus verbunden wie bei den übrigen Fingern, sondern ganz besonders beweglich. Daher gibt es beim Daumen eine ganze Reihe von langen Muskeln mehr als bei den übrigen Fingern; außer denen, die zu den Phalangen gehen, sind solche für die Bewegungen des Metakarpale nötig. Die langen Daumenmuskeln der Dorsalseite (tiefe Strecker) werden von den Pro- und Supinationen besonders betroffen (passiv), weil ihre Sehnen ganz am Rand des Unterarmes liegen. Man überzeuge sich am eigenen Arm, wie die Sehnen, welche an der Wurzel des Handrückens die sog. Tabatière begrenzen (vgl. S. 357), zum Teil schon in der Normalstellung schräg zum Daumen ziehen, bei Pronation noch schräger gestellt und schließlich ganz um den Radius herumgewunden werden.

Der ventrale lange Daumenmuskel ist nicht davon berührt; er wird im Gegenteil bei der Pronation gerade gerichtet (wie der Flexor carpi radialis, Abb. 172).

Muskelschichten

Alle Muskeln des Unterarmes gehören ihrer Insertion nach einer der drei genannten Kategorien an. Die dorsale und ventrale Hauptgruppe ordnen sich unabhängig davon in Schichten, die aus Angehörigen der verschiedenen Kategorien gemischt sind. Es wird Aufgabe der speziellen Beschreibung sein, bei jeder Schicht festzustellen, welcher der drei Kategorien die in ihr enthaltenen Muskeln angehören. Die Muskeltabelle S. 321 ist nach den Schichten geordnet. Wir unterscheiden wie beim Oberarm in den Hauptgruppen je eine oberflächliche und tiefe Schicht. Bei den ventralen Muskeln ist die Schichtung am einfachsten. Die tiefe Schicht liegt dem Skelett nahe (Abb. 165b, blauviolett); ihr ist die oberflächliche Schicht (hellblau) wie einer Matratze aufgelagert. Bei den dorsalen Muskeln ist das Bild komplizierter, weil die tiefe Schicht (dunkelrot) relativ dünn ist, und weil die große oberflächliche Schicht weit über sie hinausragt. Letztere ist in zwei nebeneinander gelegene Gruppen zerfallen, eine ulnare oberflächliche Gruppe (hellrot) und eine radiale oberflächliche Gruppe (rotviolett). In der hier gegebenen Reihenfolge sind die Gruppen der Unterarmmuskeln in der Tabelle aufgeführt (B, a bis e).

Die Hauptgruppen und infolgedessen auch ihre Untergruppen liegen nicht genau dorsal und ventral zu den Unterarmknochen, wie bereits mehrfach erwähnt und aus der Beziehung zu den Epikondylen des Humerus abgeleitet wurde. Die Grenzlinien zwischen dorsalen und ventralen Muskeln sind auf der Vorder- und Rückseite des Skeletts in Abb. 174 und 175 eingetragen. Vergleicht man damit den Querschnitt durch das proximale Ende des Unterarmes (Abb. 165b), so versteht man, daß hier die Verschiebung am deutlichsten sein muß. Vor allem die dorsale tiefe Schicht (dunkelrot) und die oberflächliche radiale Gruppe (rotviolett) greifen ventralwärts weit um den Radius herum; auch die beiden ventralen Schichten (blauviolett und hellblau) reichen an der medialen Seite der Ulna dorsalwärts. Je weiter sich der Querschnitt von den Epikondylen des Humerus entfernt, um so ungestörter ist die dorsale und ventrale Lage der Hauptgruppen und ihrer Untergruppen. Dies ist aus dem Verlauf der Grenzlinien in Abb. 174 und 175 zu entnehmen.

An der dorsalen und ventralen Seite der Handwurzel sind ganz bestimmte Führungen für die langen Handmuskeln angebracht (in Schema Abb. 166 für die ventralen Muskeln durch eine ringförmige Schlinge angedeutet), welche dafür sorgen, daß die eine Hauptgruppe dorsal, die andere ventral liegen bleibt, und daß jeder Einzelmuskel seine ihm zugewiesene Lage behält. In Wirklichkeit sind durch die Führungen an der Handwurzel alle Sehnen fest an die Knochen angepreßt und bleiben es auch, wenn die Hand flektiert oder abduziert wird. Sie werden deshalb in diesen Stellungen an der Handwurzel geknickt. Im Schema (Abb. 166) sind dagegen die beiden Befestigungspunkte eines Muskels an den Knochen bei der Flexion

gradlinig miteinander verbunden. Wäre dies so, so müßten die Muskeln, je weiter ihre Knochenpunkte von der Führung am Handgelenk entfernt sind, um so mehr von dem Skelett abgehebelt werden. sobald flektiert wird, und um so weiter würde die Schlinge an der Handwurzel werden. Das würde für die Form bedeuten, daß die Handwurzel bei jeder Bewegung im Handgelenk außerordentlich verbreitert würde. Für die Arbeit der Muskeln wäre damit ein erheblicher Verlust verbunden; denn um das Maß, um welches ihr Weg kürzer würde, wären sie passiv zusammengeschoben und unfähig, sich selbst weiter zu kontrahieren. Beides wird durch die feste Lagebestimmung der Sehnen am Übergang vom Unterarm zur Hand vermieden. Die betreffenden Einrichtungen werden später im einzelnen geschildert.

Die Abgrenzung der tiefen gegen die oberflächliche Schicht wird von den Autoren bei den ventralen Muskeln nicht einheitlich vorgenommen. Ich betrachte dasjenige Septum als maßgebend, in welchem der Nervus medianus liegt (Abb. 165b) und rechne alle vor dem Nerv liegenden Muskeln zur oberflächlichen Gruppe.

Für die Form des Armes und für die Verteilung der Nerven und Gefäße ist die Schichtenfolge, welche hier geschildert und der Tabelle zugrunde gelegt ist, ganz besonders wichtig. Die einzelnen Muskeln finden mit ihren Spezialaufgaben nur dann ihre volle Erklärung, wenn wir sie an ihrem richtigen Platz aufsuchen, der ihnen durch Faszienblätter und Bandführungen gesichert ist, und den sie nicht verlassen können, ohne ihre Tätigkeit zu schädigen oder aufzuheben.

Verwerfung der dorsalen Muskelschichten

Im distalen Teil des Unterarmes findet eine Verwerfung der dorsalen Schichten wie bei geologischen Straten statt. Da die radiale Gruppe am weitesten nach vorn verschoben ist (rotviolett, Abb. 165b), so daß ihre Einzelmuskeln, statt Strecker zu sein, in Wirklichkeit beugen, so divergieren die beiden oberflächlichen Gruppen gegen die Handwurzel zu, und Bestandteile der tiefen Gruppe können zwischen ihnen hindurch an die Oberfläche gelangen (roter Pfeil).

Die dorsalen Muskeln (tiefe Strecker) für den Daumen brechen aus der Tiefe durch (Abb. 175: Abductor poll. longus, Extensor poll. brevis et longus). Beim ruhig herabhängenden Arm in Seitenansicht (Abb. 132) ist zu oberst am vorderen Kontur des Unterarmes die Ausbuchtung zu sehen, welche die radiale oberflächliche Gruppe bildet (Brachioradialis, Ext. carpi rad. longus et brevis); dann folgt eine gerade Strecke, welche den Sehnen der genannten Gruppe entspricht, und weiter distal schließt sich die Verwerfung der Schichten an: die tiefen Daumenstrecker formen ein Stück Kontur, welches ein wenig vorspringt, weil sie an dieser Stelle oberflächlich liegen und um den Radius schräg herumgerollt sind. An dieses Stück schließt ein distales Stück Kontur an, welches durch das Radiusende etwas vorgetrieben ist.

Die ventralen Muskeln des Unterarmes haben keine derartige Komplikation der Schichten. Ihr einziger langer Daumenmuskel bleibt in der tiefen Schicht liegen.

f) Die tiefe Gruppe der ventralen Muskeln des Unterarmes (Vorderfläche). Tabelle S. 321, Nr. 5—7.

M. pronator quadratus (Tab. Nr. 5), Abb. 174, 176, 177, 179

Musculus pronator quadratus. Er gehört zu den Muskeln, die am Unterarm (Radius) inserieren. Der viereckige Muskel nimmt das unterste Viertel von Radius und Ulna ein; seine Fasern sind quer zur Richtung der beiden Knochen gestellt (Abb. 177).

Beim menschlichen Embryo reicht die Anlage weiter nach dem Oberarm zu und ist mit dem anderen Pronator des Vorderarmes, dem P. teres (Tab. Nr. 9), in Zusammenhang. Da die distalen Epiphysen am stärksten wachsen und die Anlage des P. quadratus ihnen angeheftet bleibt, so entfernt sich die Anlage bald von dem P. teres. Die Insertionen beider Muskeln am Radius sind immer noch relativ nahe beieinander; bei Tieren (individuell auch beim Menschen) kann der P. quadratus weiter proximalwärts reichen.

Der Muskel ist in Normalstellung des Armes um die Ulna herumgewickelt; sein Ursprung greift etwas auf die dorsale Seite des Knochens über (Abb. 175, nicht bezeichnet). Das Muskelfleisch ist in dieser Stellung passiv gedehnt und jederzeit bereit, mit großer Kraft zu pronieren. Der Muskel drängt außerdem die Gelenkflächen von Radius und Ulna gegeneinander und sichert den Kontakt im unteren Radioulnargelenk, welches er bedeckt.

Bei heilen Knochen ist von einer Annäherung der Knochen nichts zu bemerken, wohl aber bei Brüchen; die Fragmente werden durch den P. quadratus aufeinander zugeschoben; sie können infolgedessen nicht in normaler Stellung mit dem Schaft zusammenheilen.

Der Muskel liegt sehr tief; alle übrigen Muskeln, auch die beiden anderen Muskeln der tiefen Gruppe, liegen oberflächlich zu ihm. Seine Faszie (Abb. 178), welche ihn gegen diese Auflagerungen schützt, ist ziemlich derb, die Membrana interossea dagegen an seiner Unterfläche ziemlich dünn, da die Muskelfunktion die Membran ersetzen kann. Er liegt der Hinterfläche des Unterarmes näher als der Vorderfläche, weil die Masse der ventralen Muskeln und Sehnen dicker ist als die der dorsalen Sehnen.

Innervation: R. interosseus volaris des N. medianus. Man kann den Nerv des Muskels, der zwischen der Membrana interossea und dem Muskelfleisch liegt, wegen der Nähe des Pronators zur Dorsalseite elektrisch besser von dort aus reizen als von der Volarseite des Unterarmes aus. Segmentale Nerven: (C 6), C 7, C 8, Th 1; Blutzufuhr: Art. interossea volaris. Varietäten: Er fehlt selten, ist oft proximalwärts weiter als gewöhnlich (s. o.) oder distalwärts bis in die Vola manus und zum Thenar ausgedehnt. Er bedeckt dann auch das Handgelenk, das gewöhnlich nicht mit Muskelfleisch in Berührung ist. Eine verschiedene Schichtung der Muskelfasern, die in den tiefen Teilen des Muskels normal ist, kann auch oberflächlich Platz greifen, z. B. oberflächliche schräge Faszikel über tieferen quer gerichteten. Der ganze Muskel kann dreieckig statt quadratisch sein.

M. flexor digit. prof. (Tab. Nr. 6), Abb. 174, 175, 176, 220

Musculus flexor digitorum profundus. Auf dem Pronator quadratus, der von manchen Autoren als besondere Unterschicht der tiefen Gruppe bezeichnet wird, liegt der Flexor profundus mit dem Flexor pollicis longus (Tab. Nr. 7) in einer Ebene (Abb. 176). Beide nehmen mit ihren Ursprungsflächen die mittlere Partie der Vorderseiten von Radius und Ulna ein (Abb. 174). Sie gehören zu den langen Fingermuskeln, sind aber zugleich Beugemuskeln für die ganze Hand. Der Fachname nimmt auf letzteres nicht bezug und führt deshalb leicht irre.

Der Flexor digitorum profundus entspringt wie der Pronator quadratus an der Ulna, dringt viel weiter als dieser um den medialen Rand des Knochens herum auf die Dorsalseite des Unterarmes vor, und setzt sich sogar auf die Ursprungsaponeurose des Flexor carpi ulnaris fort (Tab. Nr. 12, Abb. 175).

Der proximale Ursprungsrand umgreift mit zwei Zacken die Insertion des M. brachialis an der Tuberositas ulnae (Abb. 174). Die laterale Zacke gehört dem oft selbständigen Muskelbauch an, der zum Zeigefinger verläuft, die ulnare Zacke gehört zu dem gemeinsamen Muskelfleisch für den 3.—5. Finger. Gewöhnlich kontrahiert sich bei Reizung des Medianus allein die radiale, bei Ulnarisreizung die ulnare Zacke.

Relative Insuffizienz, Richtung der Bewegung

Die Muskelbäuche gehen sehr früh in Sehnen über (Abb. 176). Da die Sehnen die Handgelenke, Grund- und Zwischengelenke der Finger überspringen, ehe sie an den Nagelgliedern inserieren, könnten sie der Lage nach immer auf alle diese Gelenke wirken; sie tun es auch tatsächlich, wenn man am Präparat an den Sehnen zieht. In Wirklichkeit kommt es ganz auf die Stellung der Hand im Handgelenk und auf die Stellung der einzelnen Fingerglieder an, ob und an welcher Stelle der lebendige Muskel die Hand oder Finger bewegt. Denn für stärkere Bewegungen in allen genannten Gelenken zugleich ist das Muskelfleisch in den meisten Stellungen insuffizient, weil die Fasern so kurz sind. Die Richtung der Bewegung ist bei den Fingern durch lange Sehnenscheiden, in welchen die Beugesehnen gleiten, eindeutig festgelegt (reine Beugung). Beim Handgelenk vermag unser Muskel nicht nur zu beugen, sondern er abduziert gleichzeitig die Hand ulnarwärts (Abb. 200c). In welcher Art die verschiedenen Wirkungsmöglichkeiten der Hand und den Fingern beim Gesamtspiel der Muskeln und Gelenke zugute kommen, wird erst später bei der Zusammenfassung für Hand und Finger (in Ruhe und Bewegung) dargelegt werden können. Vom einzelnen Muskel aus ist das nie zu verstehen.

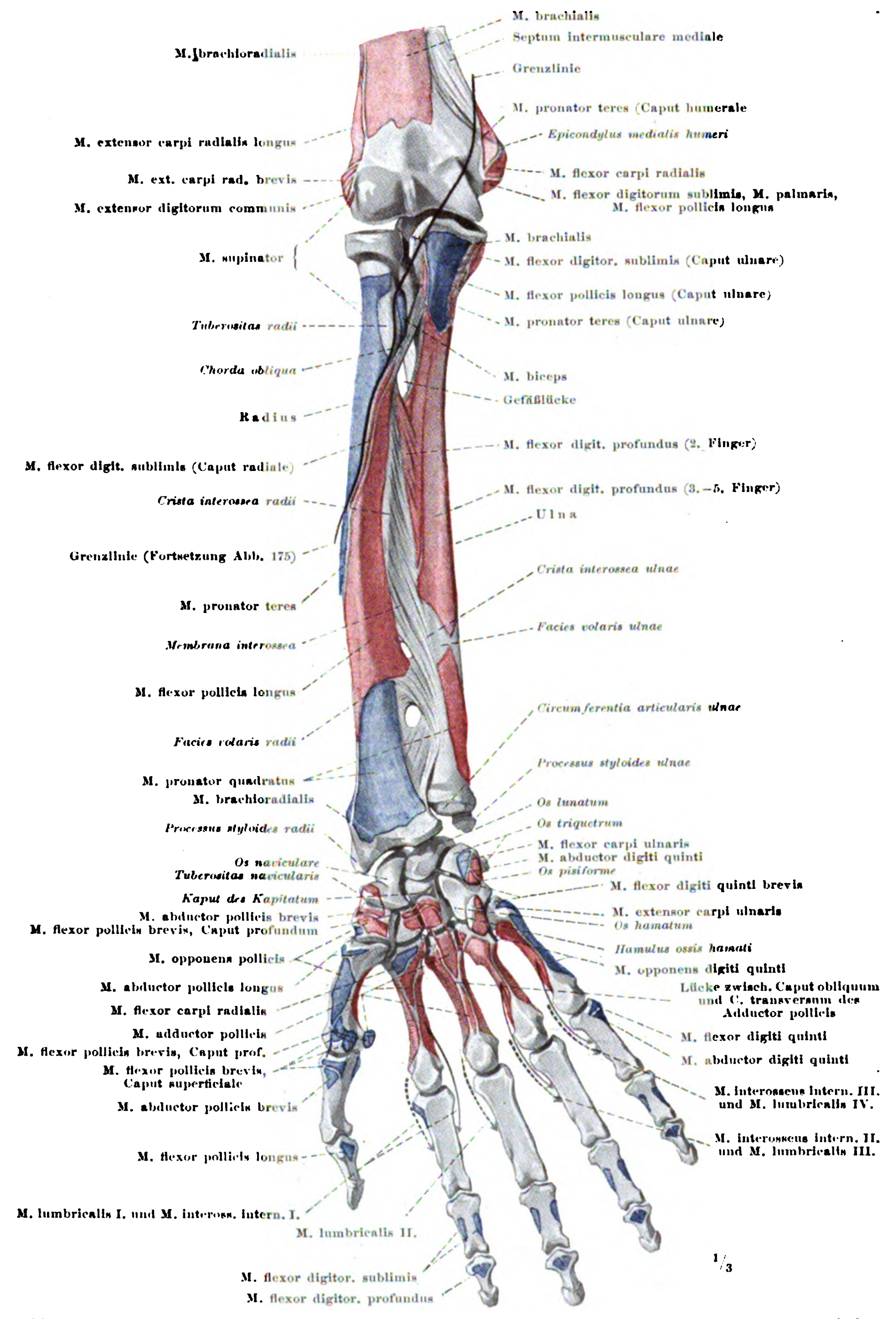


Abb. 174. Ursprünge (rot) und Insertionen (blau) an der Vorderseite des Unterarmes und der Hand. Unterarm in Normalstellung, Hand ein wenig ulnar abduziert. Die schwarze Grenzlinie scheidet die ventrale Muskulatur des Unterarmes von der dorsalen (Gebiet des Nervus medianus + N. ulnaris und des N. radialis). Die Ursprungsfelder der Mm. interossei externi rot schraffiert. Die Mm. interossei interni sind durch ausgezogene Pfeile, die Mm. lumbricales durch gestrichelte Pfeile wiedergegeben. Die Insertionsfelder am 3.—5. Finger entsprechen den am Zeigefinger beschrifteten Feldern. Das schmale Ursprungsfeld lateral neben der Insertion des Brachialis gehört zum Flexor dig. sublimis (Varietät, siehe Abb. 177).

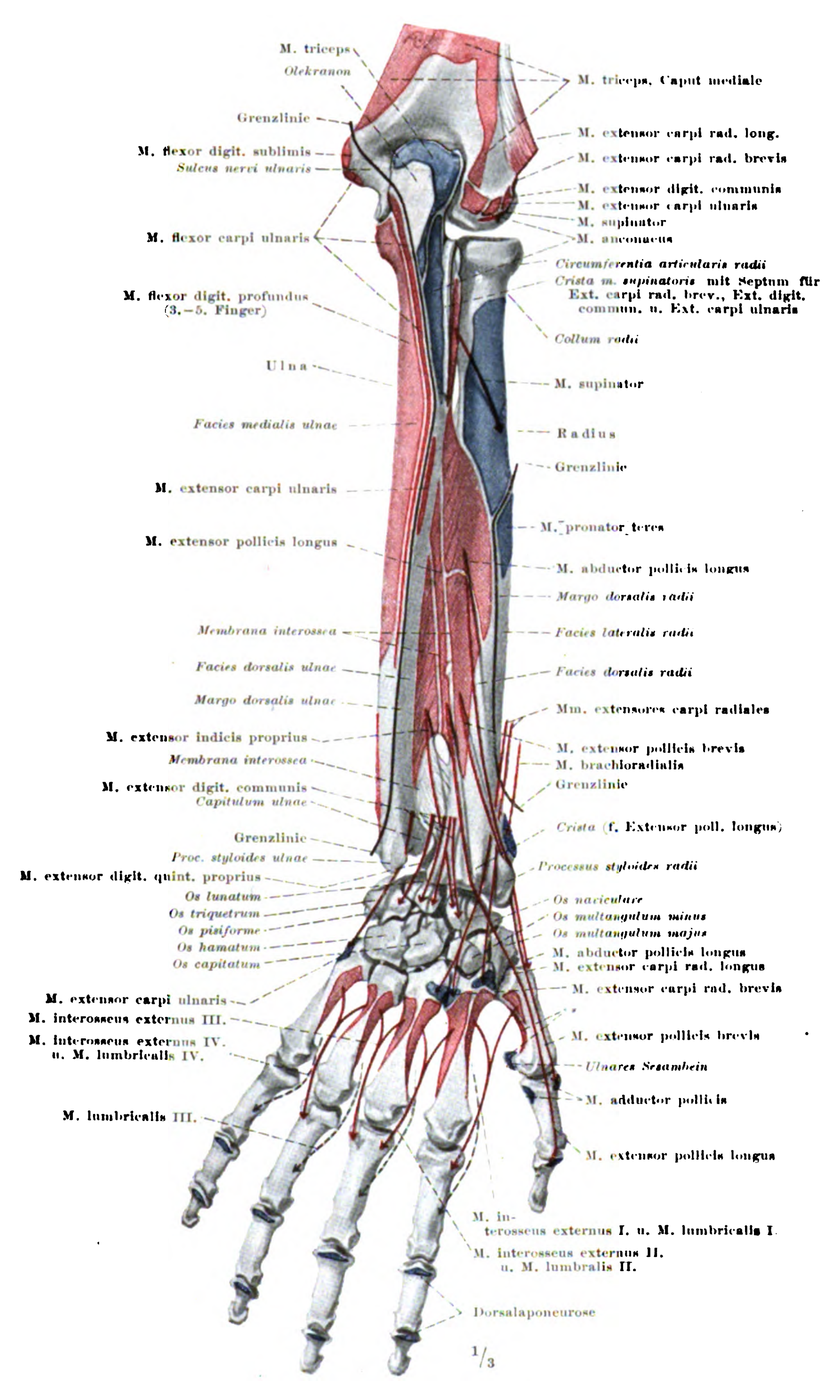


Abb. 175. **Hinterseite** des gleichen Präparates wie Abb. 174. **Zwei Grenzlinien, welche die dorsale Muskulatur des Unterarmes (N. radialis) beiderseits gegen die ventrale Muskulatur scheiden. Die radiale Grenzlinie ist in Abb. 174 vorn oben fortgesetzt. Die Richtungen der langen Strecker an der Handwurzel sind mit roten Pfeilen angegeben, ebenso die Mm. interossei externi. Die Mm. lumbricales mit gestrichelten Pfeilen (Mm. interossei interni nicht angegeben). * siehe Text S. 449.**

Die Muskelfasern selbst sind nur $5^1/_2$—$7^1/_2$ cm lang. Ihr Längenverhältnis zur Gesamtlänge beträgt etwa $^1/_5$—$^1/_9$. — Die Endphalanx allein zu bewegen ist den meisten Menschen unmöglich; doch können wir durch Übung den Muskel daran gewöhnen (Musiker). Unwillkürlich wird beim Beugen der letzten Fingerglieder die Hand in Dorsalflexion gestellt (z. B. beim Schreiben), weil dann der Flexor gedehnt und seine Muskeltätigkeit erhöht wird. Über die Adduktion der Finger siehe S. 433.

M. perforans und M. perforatus

Die Muskelbäuche und Sehnen liegen nebeneinander, nicht geschichtet wie beim oberflächlichen Beuger (Tab. Nr. 8); letzterer bedeckt mit dem Flexor carpi ulnaris zusammen völlig den Flexor profundus. An den Fingern ist die gegenseitige Situation der beiden langen Fingerbeuger gerade umgekehrt. Die Sehne des Flexor profundus bedeckt hier völlig die Sehne des Flexor sublimis. Man nennt letzteren auch M. perforatus und den Flexor profundus M. perforans. Jede Sehne des Sublimis besitzt nämlich einen Schlitz, durch welchen die betreffende Profundussehne wie durch ein Knopfloch hindurchschlüpft (Abb. 220, 176). Das merkwürdige Verhalten hat mit der häufigen Verschränkung von Ursprüngen und Insertionen (S. 317) nichts zu tun. Hier überkreuzen sich lediglich Insertionen. Das widerspricht der sonst gültigen Regel, daß der längere Muskel, welcher mehr Gelenke überspringt, oberflächlicher liegt als der kürzere, welche weniger Gelenke überspringt. Bei den tiefen Rückenmuskeln sind die Beispiele für Schichtungen von letzterer Art besonders häufig. Es kommt dabei ebensowenig zu einer Durchkreuzung wie bei dem bereits früher erwähnten Beispiel, dem Eisenbahnkörper einer Großstadt, auf welchem die Gleise der Stadtbahnen mit kürzeren Halteabständen den Stationen zunächst gelegen sind, die Gleise der Fernbahnen dagegen außen vorbeiziehen. Nach dieser betriebstechnisch sichersten Regel müßte der Beuger des Endgliedes als der längere Muskel ein Flexor sublimis, der Beuger des Mittelgliedes als der kürzere ein Flexor profundus sein. Es ist aber gerade umgekehrt. Diese Ausnahme ist verständlich, wenn wir uns des oben über die relative Insuffizienz des Muskels Gesagten erinnern. Wegen der tiefen Lage ist seine Sehne den Drehachsen der Fingergelenke näher gelegen als die Sehne des wahren Flexor sublimis (Abb. 221) und hat vor ihr die größere Verkürzungsstrecke für die Leistung des Muskels am Endgliede voraus. Die notwendige Folge aber ist die Durchkreuzung der Sehnen, welche in besondere Sehnenscheiden verlegt ist und dadurch ein sicheres Arbeiten gewährleistet. Man kann sagen, weil der Beuger des Endgliedes ein Flexor profundus ist, muß er ein Flexor perforans sein. Der Ausgangspunkt der komplizierten Beziehung ist in der Kürze des Muskelfleisches zu erblicken: die schwere Kraftmaschine ist möglichst weit proximalwärts verschoben und die Hand nebst Fingern entlastet (S. 73).

Beim Auseinanderweichen der Sehnen des Flexor profundus in der Hohlhand entspringen von ihnen selbständige Muskelchen für die Finger, die Lumbricales (siehe kurze Handmuskeln). Da die Sehnen beim Beugen der Finger, z. B. beim Faustschluß, proximalwärts gleiten, so haben die Lumbricales einen transportablen Ursprung. So hilft der Flexor diesen Muskelchen, daß sie für bestimmte Ausgangsstellungen nicht insuffizient werden.

Es kommt vor, daß die Sehnen bis zu dieser Stelle verwachsen sind; gewöhnlich trennen sie sich viel höher am Unterarm (Abb. 176). Dies kommt der Beweglichkeit der einzelnen Finger unabhängig von den Nachbarn zugute.

Innervation: Nervus medianus und N. ulnaris. Die Nervenverteilung im Innern des Muskels ist sehr kompliziert. Der Nervus medianus ist nicht nur zum Muskelbauch für den Zeigefinger, sondern auch zu den übrigen Bäuchen zu verfolgen. Bei Verletzung des Ulnaris kann der Nerv durch den Medianus ausgiebig ersetzt werden; der Muskelbauch zum Zeigefinger wird allerdings nur durch den Medianus innerviert. Die Unkenntnis der feineren Nervenverteilung hat oft zu Mißverständnissen geführt, weil man glaubte, die Leitung des verletzten und unter-

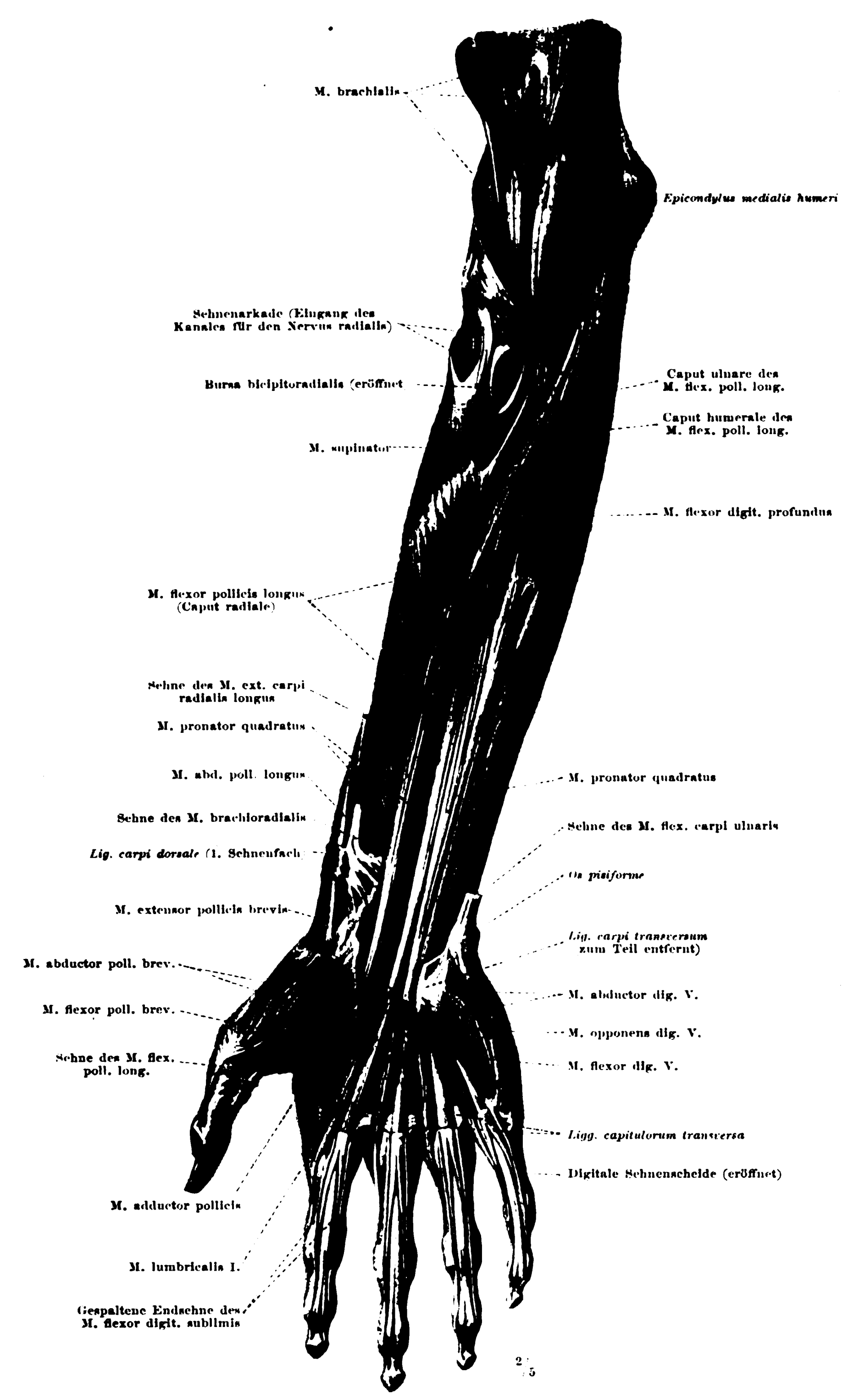


Abb. 176. Tiefe Gruppe der ventralen Vorderarmmuskeln (Vorderfläche des Unterarmes). Von den vier Mm. lumbricales ist nur der erste bezeichnet. Unter ihm distal der M. interosseus externus I. (mit seiner Faszie bedeckt); auch Teile der übrigen Mm. interossei sind sichtbar (vgl. Abb. 215). Die oberflächlichen Muskeln sind entfernt bis auf die Endsehnen des Flexor digit. sublimis. Die Digitalscheiden der dreigliederigen Finger aufgeschnitten. Canalis carpi durch teilweise Entfernung des Lig. carpi transversum eröffnet.

brochenen Ulnaris sei wieder hergestellt, während in Wirklichkeit nur die bis dahin latente Innervation durch den Medianus in Aktion tritt. Am Zeigefinger kann man sich in dieser Beziehung nicht leicht täuschen; er bleibt bei Medianuslähmung gestreckt (Abb. 218). Segmentale Nerven: C 7, C 8, Th 1. Blutzufuhr: Muskeläste der Art. ulnaris und Art. interossea volaris.

M. flexor poll. longus (Tab. Nr. 7), Abb. 174, 176, 178

Musculus flexor pollicis longus. Der Muskel ist nur bei den höchsten Säugern selbständig gegen den Flexor profundus, sonst ist er in letzterem enthalten. Beim Menschen liegt zwischen beiden eine Rinne für ein Gefäßnervenbündel (Art. und Nervus inteross. volaris), die bis auf die Membrana interossea einschneidet und beide Muskeln trennt. Die Hauptmasse des Flexor pollicis entspringt von der Vorderfläche des Radius, Caput radiale (Abb. 174), und nimmt damit von vornherein die laterale Stellung ein, welche der Daumen hat. Er behält in jedem Falle die Situation zum Daumen, weil er bei der Pronation vom Radius mitgeführt wird. Er inseriert am Endglied des Daumens und bewegt es ganz selbständig. Die Sehne schlüpft nicht durch eine andere Sehne durch wie bei den dreigliederigen Fingern. An der Leichtigkeit, mit welcher das Endglied für sich gebeugt werden kann, unterscheidet sich der Daumen sehr auffällig von den übrigen Fingern. Unser Muskel beugt auch die Hand im Handgelenk und abduziert ein wenig radialwärts (Abb. 200c). Er beugt nur auf eine kleine Strecke, weil sein Muskelfleisch relativ kurz ist (4—5 cm lange Fasern) und für größere Ausschläge zu früh insuffizient wird. Die Sehne geht aus dem Muskelfleisch hoch oben hervor; die Muskelfasern inserieren einseitig fiedrig an ihr (Abb. 176).

Es gibt sehr oft einen dünnen akzessorischen Ursprungskopf, der sich aus dem Muskelfleisch des Flexor digitorum sublimis (Tab. Nr. 8) sondert und nahe dem Ursprung des radialen Hauptkopfes in diesen eintritt. Diese Fasern werden als Caput humerale unterschieden, da sie vom Humerus entspringen, oft auch von der Ulna (Abb. 174); die letzteren können einen besonderen Bauch bilden, Caput ulnare. Diese langen Fasern fördern die Exkursion des Muskels, sind aber schwach und nicht konstant.

Am Daumen ist die Sehne auf den beiden Köpfen des Flexor pollicis brevis gebettet (Abb. 216).

An der radialen Seite der oberflächlichen Muskelschicht ist der Flexor pollicis longus eine Strecke weit unbedeckt von anderen Muskeln (Abb. 178). Die Arteria radialis mit ihren Begleitvenen liegt hier zwischen ihm und der Haut. (Die ganze Strecke ist am Puls zu erkennen; man fühlt gewöhnlich den Puls etwas weiter distal und drängt dabei die A. radialis gegen den Pronator quadratus.)

Innervation: Nervus interosseus volaris aus N. medianus. Segmentale Nerven: C 6, C 7, (C 8). Blutzufuhr: Äste aus A. radialis, A. ulnaris und A. interossea volaris.

g) Die oberflächliche Gruppe der ventralen Muskeln des Unterarmes (Vorderfläche). Tabelle S. 321, Nr. 8—12.

M. flex. digit. sublimis (Tab. Nr. 8), Abb. 174, 177, 178, 220

Musculus flexor digitorum sublimis. Auch dieser Muskel inseriert an den Fingern. Er ist von den beiden vorigen geschieden durch ein Faszienblatt, in welchem der Nervus medianus liegt, der innig dem Flexor sublimis angeheftet ist und mit in die Höhe gehoben wird, wenn man den Muskel lüpft (Abb. 165b). Man übersieht dabei leicht den starken Nerv. Auch der N. ulnaris liegt eine Strecke lang zwischen beiden Muskelgruppen. Der Flexor sublimis wird von den übrigen Muskeln der oberflächlichen Gruppe überdeckt, aber nicht vollkommen. Im Oberflächenbild sind distal immer große Teile des Muskels sichtbar, weil sein Muskelfleisch weiter abwärts reicht als bei den darüberliegenden Muskeln und zwischen den Sehnen jener vorschaut (Abb. 178). Ein Streifen von ihm kann der ganzen Länge des Vorderarmes nach unter der Haut liegen, wenn nämlich der Palmaris (Tab. Nr. 11) fehlt. Das ist in reichlich 10% der Fälle so. Der Flexor sublimis ist für sich eine besondere Unterabteilung der oberflächlichen Muskelgruppe.



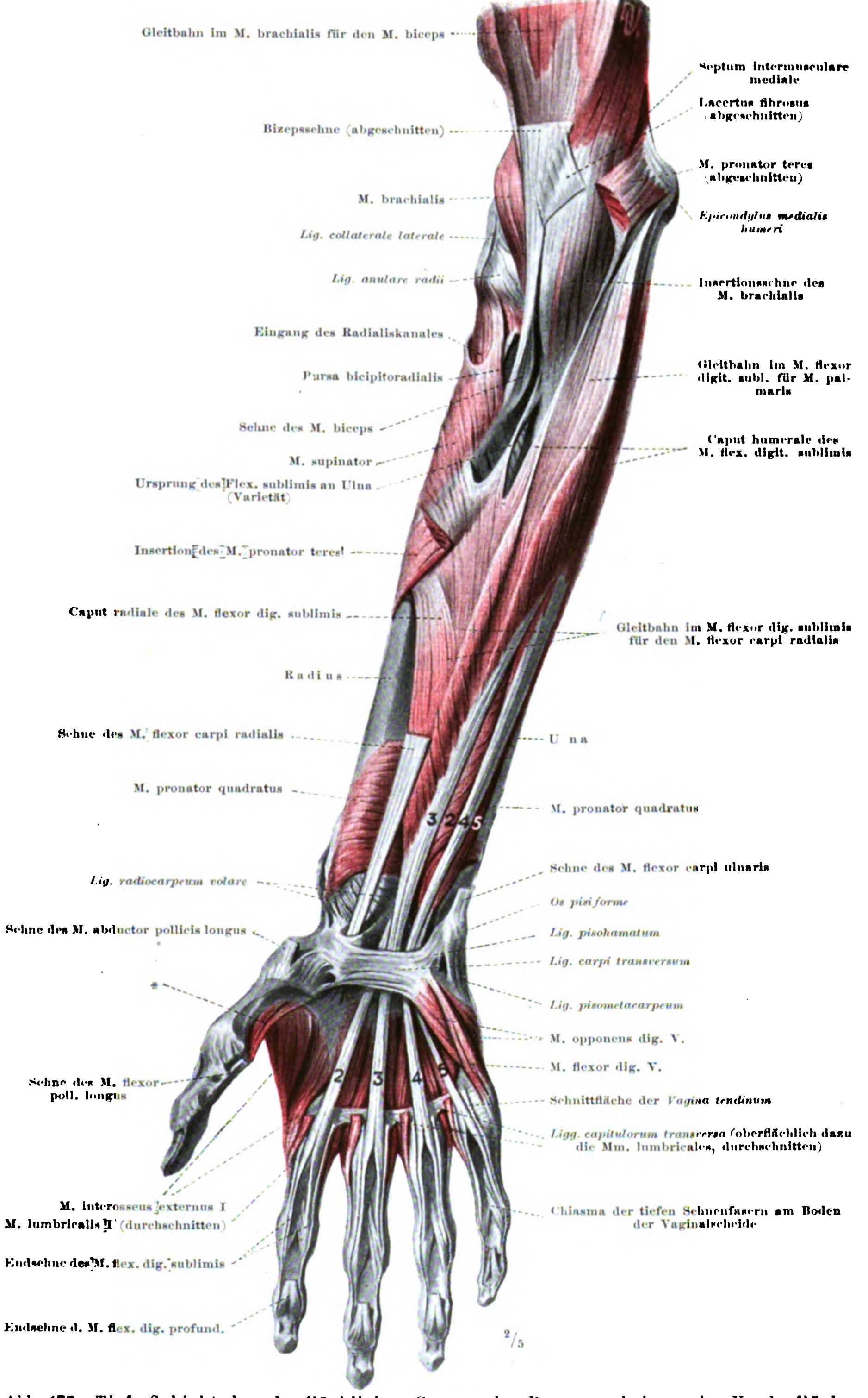


Abb. 177. Tiefe Schicht der oberflächlichen Gruppe der Beugemuskeln an der Vorderfläche des Unterarmes (die auf Abb. 176 folgende Schicht; doch sind der M. flexor digit. profundus und Flex. poll. longus in diesem Bild weggelassen). Der Canalis carpi ist durch das Lig. carpi transversum geschlossen, sein Inhalt ist nicht vollständig. Digitalscheiden geöffnet. Die Beschriftung des Zeigefingers gilt auch für die übrigen dreigliederigen Finger. Unter den Ligg. capitulorum transversa sind sämtliche Mm. interossei zu sehen, nach Entfernung des M. abductor pollicis, vgl. mit Abb. 215. * Teil des M. flexor pollicis brevis (sog. Interosseus internus des Daumens).

Viele Autoren rechnen ihn zu der tiefen Gruppe, mit welcher ihn der humerale Kopf und individuell auch andere Muskelbäuche des Flexor pollicis longus verbinden. Die Faszie auf der Vorderseite des Flexor sublimis ist am Lig. transversum carpi (Abb. 177) befestigt, während die Sehne des M. palmaris über dieses Band hinweg in die Hohlhand geht. Dadurch wird der Flexor sublimis mit der tiefen Gruppe im Hohlhandkanal vereinigt, der Palmaris aber nicht. Für die Fortleitung von Eiterergüssen (Phlegmonen) ist dies von Wichtigkeit, aber kein Kriterium für die Trennung der Schichten. Denn unzweifelhaft oberflächliche Muskeln verhalten sich bald wie der Palmaris (Flexor carpi ulnaris. Tab. Nr. 12), bald wie der Flexor sublimis (Flexor carpi radialis, Tab. Nr. 10).

Der längste Fleischmuskel, Wirkung auf Handgelenk und Finger

Der Muskel bedeckt die ganze Vorderseite des Unterarmes und entspringt von beiden Unterarmknochen, dazu regelmäßig und ausgiebig vom Humerus (Abb. 174). Er liegt infolgedessen auf beiden tiefen Fingerbeugern.

Doch ist seine Lage verschieden von der des Flexor digit. profundus, der um die Ulnakante dorsalwärts reicht. Der Flexor sublimis liegt rein volar, nicht ulnar. Er läßt Platz für den Flexor carpi ulnaris (Tab. Nr. 12), welcher sich medial eng an den Flexor sublimis anschmiegt und den Flexor profundus bis zur Ulnakante bedeckt.

Er ist der erste Muskel von den bisher beschriebenen, der regelmäßig und ausgiebig vom Epicondylus medialis des Humerus ausgeht. Dieser Teil überspringt auf seinem Weg zu den Mittelphalangen der Finger außer den Gelenken, über welche die tiefen Muskeln hinwegziehen, auch das Ellenbogengelenk. Aber die Mitwirkung an dieser Stelle ist minimal, da das Moment viel geringer ist als dasjenige der Oberarmbeuger (Brachialis usw.). Der Muskel ist vielmehr durch den Ursprung am Humerus und durch die distale Ausdehnung seines Muskelfleisches bis an den Unterrand des Pronator quadratus der längste Fleischmuskel des Vorderarmes und wird deshalb nicht so leicht insuffizient wie die übrigen. Man sieht meistens in der ulnaren Hälfte des Vorderarmes nahe der Handwurzel den unteren Rand des Muskelfleisches durch die Haut hindurch in die Höhe steigen, wenn der Muskel kontrahiert wird, um die Finger zu bewegen. Man überzeuge sich von dem Muskelspiel sowohl bei Flexion der Mittel- wie der Grundphalanx wie auch der ganzen Hand. Bei allen drei Bewegungen kann der Muskel mitwirken; allerdings kommt es sehr darauf an, wie die Ausgangsstellung ist. Er ist keineswegs, wie der Fachmann zu glauben verleitet, bloß Fingerbeuger. Die Richtung, in welcher er die Fingerglieder und die Hand zu bewegen vermag, ist gleich der vom Flexor profundus erzielten, außer am Endglied der Finger, welches unbewegt bleibt.

Am günstigsten ist für ihn als Ausgangsstellung die extreme Dorsalflexion im Handgelenk und in den Fingergelenken, weil er dadurch am stärksten gedehnt wird. Diese Stellung geben wir unwillkürlich der Hand, wenn wir eine Faust machen. Bei stark flektiertem Handgelenk ist er passiv so stark zusammengeschoben, daß die Flexion der Finger fast alle Kraft verliert. Da die Sehnen von der Handwurzel zu den Fingern divergieren, so adduziert er die Finger auf den Mittelfinger hin (siehe S. 433).

Die einzelnen Bäuche, Bifurcatio u. Chiasma der Sehnenfasern

Die einzelnen Muskelbäuche liegen nicht nebeneinander wie bei den tiefen Fingermuskeln, sondern in zwei Schichten. Darin äußert sich ihre Selbständigkeit, die der Einzelaktion der Finger zugute kommt. Zuvorderst ist der Bauch für den Mittel- und Ringfinger (Abb. 177, Nr. 3, 4), zuhinterst der für den Zeige- und Kleinfinger zu finden (Nr. 2, 5). Auch die Sehnen liegen anfangs so; erst in der Hohlhand treten sie nebeneinander. Die Teilung der Sehne (Bifurcatio) beginnt an der Grundphalanx; die Profundussehne schlüpft über dem Gelenk zwischen Grund- und Mittelphalanx zwischen den beiden Sehnenzipfeln durch (Abb. 176), diese vereinigen sich zum größten Teil wieder und überkreuzen sich (Chiasma), ehe sie zu beiden Seiten der Mittelphalanx inserieren (Abb. 177). Einige Fasern der beiden Sehnenzipfel inserieren ohne Überkreuzung. Der Schlitz in der Sehne des Sublimis ist lang genug, um der Profundussehne in allen Stellungen der Finger genügend Spielraum zu geben. Die Führung ist in jeder



Stellung sehr zuverlässig. Die sich verschränkenden Fasern der Sublimissehne werden durch den Muskel gespannt und schmiegen sich eng der Profundussehne an.

Das Caput humerale speist die Muskelbäuche für den 3.—5. Finger und teilweise für den Zeigefinger, das platte, dünne Caput radiale geht nur in den Muskelbauch für den Zeigefinger ein. Letzterer hat oft eine Zwischensehne, die sein Muskelfleisch in einen proximalen und distalen Bauch zerlegt (Biventer). Das Caput radiale entsteht beim Embryo später als das Caput humerale; es fehlt den Primaten. Beim Menschen ist es sehr wechselnd ausgebildet. Es kann fehlen oder statt zum Zeigefinger in einen der anderen Bäuche übergehen (in Abb. 177 zur Sehne des Mittelfingers). Die Sehne zum 5. Finger kann fehlen. Die Profundussehne ist dann der einzige Motor für den Minimus auf der Volarseite.

Zwischen Radius und Humerus ist eine Sehnenarkade ausgespannt, welche den proximalen Ursprung des Flexor sublimis von dem einen Knochen zum andern hinüberleitet. Sie kann mit einem Zwischenpfeiler an der Ulna befestigt und dadurch in zwei Arkaden zerteilt sein (Abb. 177). Der Muskel entspringt kontinuierlich oder in Strängen von der Arkade. Sie überbrückt den Nervus medianus, die Arteria ulnaris und deren Begleitvenen. Durch die Gefäßnervenpforte können tiefe Eiterungen (Phlegmonen) des Unterarmes den Weg in die Fossa cubiti nehmen und von dort gegen den Oberarm in die Höhe steigen.

Innervation: Nervus medianus. Die Bäuche zum 2.—5. Finger haben einen gemeinsamen Nervenzweig, der Doppelbauch des Zeigefingers hat je einen besonderen Ast. Selten tritt ein Ast des N. ulnaris in den Muskel. Segmentale Nerven: (C 7), C 8, Th 1. Blutzufuhr: Äste der Art. radialis und ulnaris. Schleimbeutel: Selten kommt ein Schleimbeutel am Ursprung vor (in der Lücke zwischen Radius und Ulna).

Musculus pronator teres. Er inseriert am Radius; da er vom Humerus entspringt, proniert er nicht nur wie der Pronator quadratus, sondern er flektiert auch im Ellenbogengelenk. Der Ursprung ist auf den Epicondylus medialis humeri beschränkt oder reicht weiter am Humerus hinauf (Abb. 174), unter Umständen bis zum Ansatz des Korakobrachialis. Existieren Reste eines Processus supracondyloideus, so liegen sie innerhalb des Muskelursprungs (S. 306). M. pronat. teres (Tab. Nr. 9) Abb. 174, 175, 177 bis 179

Der Muskelbauch deckt die Insertion des Brachialis und den Ursprung des Flexor sublimis (Abb. 177). Mit letzterem und mit dem Flexor carpi radialis (Tab. Nr. 10) ist er am Ursprung verwachsen. Nach der Insertion zu wird er vom M. brachioradialis (Tab. Nr. 23) überdeckt. Der schräge obere Rand begrenzt mit dem Brachioradialis, mit dem er spitzwinkelig zusammentrifft, die Grube der Ellenbeuge, Fossa cubiti (Abb. 178); in ihr fühlt (und sieht man bei mageren Individuen) einen Längsstrang, die Sehne des Bizeps. Zwischen Bizepssehne und Pronator teres liegt die Pars medialis der Fossa cubiti, welche der Lacertus fibrosus des Bizeps überdacht. Sie enthält die Arteria cubitalis (brachialis) mit ihrer Teilung in A. radialis und A. ulnaris und den Nervus medianus.

Die Sehne des Pronator teres ist platt wie die ganze insertive Endpartie des Muskels (Abb. 179). Sie ist um den supinierten Radius herumgewunden und dorsal befestigt (Abb. 175). Der Muskel dreht sich gerade entgegengesetzt um den Radius herum wie die Bizepssehne und wie der Supinator (Tab. Nr. 13). Man kann ihn am rechten Arm dem Rechtsgewinde einer Schraube vergleichen, letztere Muskeln einem Linksgewinde. Darin liegt die antagonistische Wirkung der beiden Befestigungsarten begründet. Da der Pronator teres schräg zur Diagonalachse des Unterarmes (Abb. 149a) gerichtet ist, so kann man sich seine Wirkung nach dem Parallelogramm der Kräfte in zwei senkrecht zueinander stehende Kräfte zerlegt denken. Die quer zum Radius gerichtete Komponente proniert wie der Pronator quadratus, und zwar um so mehr, je weiter der Epicondylus medialis humeri ausladet. Die längs gerichtete Komponente flektiert und zwar um so mehr, je höher der Pronator teres am Humerus in die Höhe reicht. Ist der Radius nicht durch supinierende Muskeln festgestellt, so wird er durch den Pronator teres zuerst proniert und dann gebeugt. Die maximal flektierende Kraft, die er entwickelt, ist bei proniertem Unterarm Pronator teres mit Rechtsgewinde, Bizeps und Supinator mit Linksgewinde



größer, wie wenn die Supinatoren den Radius in Normalstellung festhalten. Auch darin verhält er sich gerade umgekehrt wie der Bizeps, der in Supination die stärkste Wirkung hat.

Ziehen wir z. B. im Klimmzug das Körpergewicht durch Beugung im Ellenbogen in die Höhe, so nutzen wir bei Aufgriff die maximale Flexionskraft des Pr. teres aus (auch die des Brachioradialis), bei Untergriff die des Bizeps (der Brachialis ist bei beiden Griffen gleich stark beansprucht).

Der Tonus des Pronator teres hält bei ruhig herabhängendem Arm den Supinatoren das Gleichgewicht, wenn der Unterarm halb proniert steht (Abb. 132). Einen Beweis dafür gibt es bei Fraktur des Radius dicht oberhalb der Insertion des Pr. teres. Das proximale Stück des Radius stellt sich dann in extreme Supination, weil die Gegenwirkung des Pronator teres fehlt. Umgekehrt bleibt bei Fraktur dicht unterhalb der Insertion des Pr. teres die Ruhestellung unverändert.

Caput ulnare, Beziehung zu Arterien und Nerv

Ein Caput ulnare ist nicht immer vorhanden und sehr verschieden stark ausgebildet, manchmal nur ein aponeurotischer Streifen, gewöhnlich aber ein dickes Muskelbündel (Abb. 179), das medial neben der Sehne des Brachialis entspringt (Abb. 174) und mit dieser zusammenhängt. Zwischen Caput humerale und Caput ulnare verläuft der Nervus medianus hindurch (Abb. 179). Er kann bei kräftig entwickelter Muskulatur zwischen den straff kontrahierten beiden Bäuchen eingeklemmt und geschädigt werden. Die Arteria cubitalis (brachialis) gibt am oberen Rand des Muskels einen Ast ab, die A. radialis. Beide nehmen den P. teres zwischen sich, und zwar verläuft die A. radialis über ihm, die A. cubitalis unter ihm. Das Caput ulnare s. profundum schiebt sich zwischen Nervus medianus und Art. ulnaris ein und ist, falls es nicht fehlt, ein wichtiges Grenzbündel zwischen beiden. Die A. radialis mit dem R. superficialis des N. radialis überquert den Mukel nahe seiner Insertion. Dieses Gefäßnervenbündel ist selbst bedeckt vom M. brachioradialis, der an dieser Stelle auf dem P. teres liegt (Abb. 178).

Innervation: 2—3 Zweige aus dem Nervus medianus, die vor dem Durchtritt des Nervs in den oberen Rand des Muskels hineingehen. Segmentale Nerven: C 6, C 7. Blutzufuhr: Äste aus A. brachialis, radialis und ulnaris. Im Muskelfleisch (zwischen Caput humerale und ulnare) liegt eine Kollateralverbindung zwischen A. brachialis und A. ulnaris (A. coll. ulnaris inf. und A. recurrens ulnaris anterior). Varietäten: Außer den oben erwähnten kann auch die Insertion distal vergrößert sein. In der Entwicklungsgeschichte des Menschen zieht sich die Anlage des Muskels relativ gegen den Pr. quadratus zurück, da die Unterarmknochen distal am stärksten wachsen. Ursprünglich verläuft er längs. Pronator ist er erst geworden durch die schräge Richtung des Unterarmes (Abb. 149a), welche der Epicondylus medialis humeri für unseren Muskel verstärkt.

M. flex. carpi radialis (Tabelle Nr. 10), Abb. 174, 177, 178

Musculus flexor carpi radialis. Dieser und die folgenden beiden Muskeln (Tab. Nr. 11 u. 12) liegen im Unterarm ganz oberflächlich und gehen vom Humerus zur Handwurzel (Abb. 178). Der Flexor carpi radialis zieht vom Epicondylus medialis humeri nach der Basis des Metakarpale II. (Abb. 174). Der doppelfiedrige schlanke Muskelbauch wird schon in der Mitte des Vorderarmes sehnig. Seine Richtung ist kenntlich an der Sehne, die bei Volarflexion der Hand zwar nicht ganz so deutlich wie die des Palmaris vorspringt, aber immer gut zu sehen ist (Abb. 223), besonders wenn der Palmaris fehlt. Bei dorsalflektierter Hand wird die Haut über ihr gespannt und blutleer; der weiße Streifen in der Haut ist charakteristisch für die Lage der Sehne. Sie liegt an der Handwurzel unmittelbar außen von der Mitte, also vom radialen Rand des Vorderarmes recht weit entfernt.

Der Name Flexor carpi „radialis" soll den Muskel gegenüber dem Flexor carpi „ulnaris" (Tab. Nr. 12) charakterisieren, nicht, wie vom Anfänger leicht mißverständlich angenommen wird, eine rein radiale Lage bezeichnen. Die Sehne ist ein sehr wichtiger Wegzeiger für das Eindringen in die Tiefe. Lateral von ihr liegt die Arteria radialis mit ihren Begleitvenen. Halbiert man an der Wurzel des Thenar den Abstand der Sehne des Flexor carpi radialis von der Sehne des Abductor pollicis longus (Abb. 178), die ebenfalls leicht zu sehen ist, so entspricht der Punkt genau der Stelle, wo der Puls am deutlichsten ist. Einen sehr schwachen und weichen Puls kann man nur bei genauer Bestimmung der Stelle fühlen; bei kräftigem Puls kommt es nicht so genau auf den richtigen Punkt an.

Medial von der Sehne des Flexor carpi radialis liegt der Nervus medianus (zwischen ihr und der Palmarissehne). Diese Lagebestimmung gilt nur für leichte

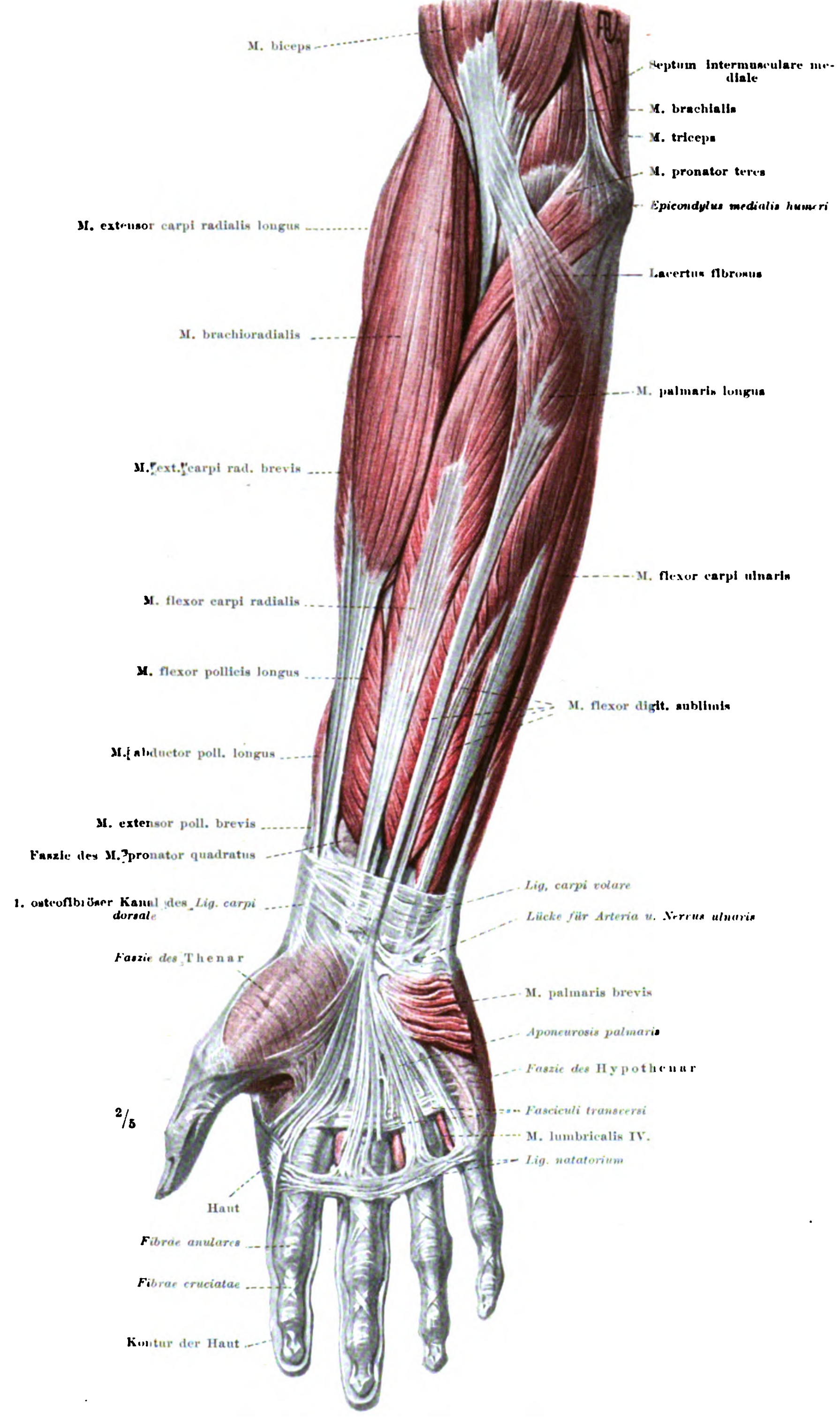


Abb. 178. Oberflächliche Schicht der Vorderarmmuskeln (die tieferen Schichten in der gleichen Stellung des Armes siehe Abb. 177, 176). Der 1. M. lumbricalis ist durch das Stück Haut, welches erhalten wurde, bedeckt; die drei folgenden in den viereckigen Fenstern der Palmaraponeurose sichtbar (nur der 4. bezeichnet). Vom Daumen, 4. und 5. Finger ist die Haut ganz abgetragen, vom 2. und 3. Finger nur auf der Vorderseite. Die fibrösen Sehnenscheiden an allen Fingern erhalten

Volarflexion der Hand und der Finger. Wird die Hand dorsal flektiert, und werden die Finger gestreckt, so drängen sich die Sehnen des Flexor sublimis gegen die Haut vor, und der Nervus medianus liegt ganz tief.

Sonderkanal an der Handwurzel

Die Hauptmasse der Muskelfasern entspringt in der Tiefe von Bindegewebssepten zwischen ihm und den Nachbarmuskeln (Pronator teres, Palmaris longus oder Flexor carpi ulnaris, Flex. dig. subl.). Die oberflächlichen Fasern haben am Epicondylus humeri nur ein sehr kleines Ursprungsfeld gerade auf der Spitze des Höckers (Abb. 174); sie entspringen auch von der Faszie des Unterarmes und aberrieren ausnahmsweise an die Bizepssehne, den Radius oder die Ulna. Die Sehne durchbohrt das Ligamentum carpi transversum gesondert von den übrigen Sehnen in einer dünnen, 6 cm langen Sehnenscheide (Abb. 177). Im Hohlhandkanal liegt die Sehne in einem besonderen Ausschnitt des Os multangulum majus auf der Volarfläche des Knöchelchens, der ligamentös zu einem Tunnel abgeschlossen ist (Abb. 186). Die Befestigung am Metakarpus kann individuell vom Metakarpale II. auf das Metakarpale III. und sogar Metakarpale IV. übergreifen, auch oberflächlich auf das Ligamentum carpi transversum.

Wirkung auf Ellenbogen und Handgelenk

Die flektierende Wirkung auf das Ellenbogengelenk ist wie beim Flexor sublimis und den beiden folgenden Muskeln (Tab. Nr. 11 u. 12) gering, weil das Moment ungünstig ist. Immerhin ist es nicht unwichtig, daß die gleichen Muskeln, welche die Hand und die Finger flektieren, die Beugung im Ellenbogen fördern. Die Hand wird für die gemeinschaftlichen Manipulationen beider Hände unter der Kontrolle des Blickes an den Körper herangebracht. Das ist nur bei gebeugtem Ellenbogen möglich.

Die Wirkung des Muskels auf das Handgelenk wird gekennzeichnet durch den Zug am Metakarpus II. nach vorn und ein wenig nach außen (Abb. 200c). Die Hand stellt sich in Volarflexion und schwache radiale Abduktion. Durch kombinierende Wirkung mit anderen Muskeln kann die eine oder andere dieser beiden Bewegungen verstärkt oder aufgehoben werden. In Abb. 172 ergänzen sich die durch rote Linien wiedergegebenen Muskeln zu rein radialer Abduktion, die den schwarzen Linien folgenden zu rein ulnarer Abduktion (der Drehpunkt der Hand im Karpus ist eingezeichnet); schwarz und rot zusammen flektieren, und zwar volarwärts oder dorsalwärts. Der Flexor carpi rad. entspricht der vorderen roten Linie dieser Abbildung. Außerdem unterstützt der Muskel die Pronation des Vorderarmes. Bei gestrecktem Arm und dorsalflektierter Hand ist er sogar der kräftigste Pronator, bei gebeugtem Arm und volarflektierter Hand wird er insuffizient für die Pronation.

Das ist die Erklärung dafür, daß wir bei gestrecktem Arm größere Kraft beim Pronieren haben als beim Supinieren, zumal dabei die Rotation im Oberarm nach innen mithilft, die kräftiger ist als die Rotation nach außen. Bei gebeugtem Arm ist dagegen das Supinieren wirksamer als das Pronieren. Die technischen Einrichtungen, die nur bei gebeugtem Arm benutzt werden z. B. Türklinken, Bohrer, sind auf Supination eingerichtet.

Innervation: Ein Ast des Nervus medianus, der durch den Flexor sublimis hindurch im oberen Drittel des Armes die Unterfläche des Muskels erreicht. Segmentale Nerven: C 6, C 7, (C 8). Blutzufuhr: Äste der Art. radialis.

M. palmaris longus (Tabelle Nr. 11), Abb. 174, 178

Musculus palmaris longus. Er ist der oberflächlichste aller Beuger (Abb. 178). Seine Sehne ist, falls der Muskel nicht fehlt, durch die Haut stets zu erkennen, besonders wenn man die Hand volar flektiert und bei gestreckten Fingern Daumen- und Kleinfingerballen einander möglichst zu nähern versucht. Sie liegt unmittelbar medial neben der Sehne des Fl. c. radialis. Der Muskel fehlt in reichlich 10% der Fälle (nach anderen Statistiken sogar in 27%, doppelseitig in 22%). Auch wenn er vorhanden ist, ist er äußerst wechselnd ausgebildet; er kann fast ganz sehnig sein oder ist in zwei Bäuche mit einer Zwischensehne zerlegt (Biventer). Auch Verdoppelung kommt vor. Fehlt er,

so ist seine Ausstrahlung in der Hohlhand, die Palmaraponeurose, trotzdem vorhanden. Bedeutung der Palmaraponeurose

Die Sehne überquert das Ligam. carpi transversum der Hohlhand und gleitet in einer Duplikatur der oberflächlichen Armfaszie (Lig. carpi volare, Abb. 178). Sie geht dann in die Palmaraponeurose über und spannt diese. Die Haut des Handtellers ist mit der Aponeurose fest verwachsen; sie wird durch den Muskelzug knochenhart und sehr widerstandsfähig. Die Aponeurose ist ein Widerlager für Gegenstände, die wir in der geschlossenen Faust halten; sie schützt die Tiefe der Vola so gut wie eine Knochenplatte, hat aber die größere Leichtigkeit voraus und stellt wie alle Sehnen viel geringere Anforderungen an die Ernährung als das Knochengewebe. Beim Erschlaffen der Aponeurose wird gleichsam die Knochenplatte entfernt wie eine Rolltür, welche man wegschiebt.

Die Hand wird durch den Palmaris longus rein volar flektiert — alle anderen Flexoren der Hand haben Nebenkomponenten (Abb 200c) — und bei starker Kontraktion werden auch die Finger, zu welchen die Palmaraponeurose mit je einem Zipfel ausstrahlt, im Grundgelenk und eventuell im Mittelgelenk gebeugt.

Fehlt der Muskel, so ist die Palmaraponeurose nicht nur an den Ursprungssehnen der Thenar- und Hypothenarmuskulatur, wie gewöhnlich, sondern auch am Lig. carpi transversum der Handwurzel festgewachsen und kann vom anderen Ende her, nämlich durch Dorsalflexion der Finger gespannt werden. Mag dies auf die eine oder die andere Weise geschehen, immer werden bei gespannter Palmaraponeurose die Zipfel für die Finger in die Tiefe versenkt, und die Haut bildet längliche Gruben über ihnen, die an der Handinnenfläche gegen die Basis der Finger deutlich zu sehen sind (besonders beim 3. u. 4. Finger). Zwischen den Zipfeln wird das Fett der Tiefe gegen die Haut durch den Druck der Aponeurose emporgetrieben. Die drei Fettbällchen der menschlichen Hohlhand entsprechen viereckigen Fenstern der Aponeurose (Abb. 178), aus welchen sie emporquellen. In diesen Fettdepots liegen die Teilungsstellen der Gefäße und Nerven für die Finger.

Ursprünglich hat die Palmaraponeurose die Aufgabe, den Tastballen der Hohlhand eine feste Unterlage zu bieten, die für feines Fühlen (z. B. beim tastenden Gehen) notwendig ist. Beim Menschen ist das Tastgefühl in den Fingerspitzen am höchsten entwickelt und in der Handfläche nicht so stark ausgebildet; die Tastballen der Hohlhand sind rudimentär (Bd. III, Hautsinnesorgane).

Innervation: Ein Ast des Nervus medianus, welcher den Flexor sublimis durchbohrt oder zwischen ihm und dem Fl. c. rad. durchgeht, dringt proximal in die Unterfläche des Palmaris long. ein. Auch ein Ast des Nervus ulnaris als Varietät. Segmentale Nerven: (C 7), C 8, Th 1. Blutzufuhr: Äste aus A. ulnaris. Pathologie: Es gibt krankhafte Schrumpfungen der Zipfel der Aponeurose, bei welchen ein Finger oder mehrere dauernd in die Hohlhand eingeschlagen werden (Dupuytrensche Kontraktur). Die Wirkung auf die Finger tritt hier in extremstem Maße heraus.

M. flexor c. ulnaris (Tabelle Nr. 12), Abb. 132, 174, 175, 178, 183

Musculus flexor carpi ulnaris. Der Muskel liegt von den Volarflexoren der Handwurzel am meisten ulnarwärts; er verdient seinen Namen auch deshalb, weil er die Ulna selbst bedeckt (was beim Fl. c. radialis und Radius nicht der Fall ist). Das Caput humerale entspringt vom Epicondylus medialis humeri, von dem Bindegewebsseptum des Nachbarmuskels (Palmaris l. oder Flex. sublimis) und ist durch einen aponeurotischen Streifen mit der dorsalen Ulnakante verbunden, von welcher das Caput ulnare ausgeht (Abb. 175). Auch von der oberflächlichen Unterarmfaszie entspringen Fasern des Muskels. Es ist nur in seinem vorderen Abschnitt fleischig (Abb. 178); die ganze an der Ulnakante entspringende Ursprungsfläche ist eine aponeurotische Platte, welche leicht übersehen wird. Unmittelbar darunter liegt der Flexor dig. profundus, der fleischig die Ulna umgibt (Abb. 176), aber gegen die Haut von der Ursprungsaponeurose des Flex. c. ulnaris bis zum unteren Drittel der Ulna umhüllt ist. Nur durch die ausgedehnte Befestigung an der Ulna ist zu verstehen, daß der Flex. c. ulnaris in allen Lagen eng dem Knochen angeschlossen bleibt, und daß



sein Wulst zusammen mit dem Flex. profundus, der die Unterlage bildet, am Lebenden neben der Ulnakante deutlich ist (Abb. 183).

Der vordere laterale Rand des Muskels ist eine wichtige Marke. Er folgt einer geraden Verbindungslinie des Os pisiforme mit dem Epicondylus medialis humeri. In dieser Richtung verlaufen der Nervus ulnaris und die Arteria ulnaris mit ihren Begleitvenen. Der Nerv liegt in dieser Linie von dem Knocheneinschnitt hinter dem Epicondylus medialis humeri ab (Sulcus n. ulnaris, Abb. 175). Er ist dort von dem oben genannten aponeurotischen Streifen, welcher das Caput humerale mit dem Caput ulnare verbindet, überbrückt. Der Nervenkanal liegt dorsal vom Humerus und leitet den N. ulnaris unter dem Ursprung des Fl. c. ulnaris hindurch ventralwärts. Über dem Nervenkanal kann ein M. epitrochleoanconaeus liegen (S. 332). Die Gefäße gelangen erst weiter distal (von der Unterfläche des Fl. sublimis her) an den Vorderrand des Fl. c. ulnaris. An der Handwurzel kann man den Puls der A. ulnaris fühlen, aber nicht so deutlich wie bei der A. radialis, weil das Gefäß etwas unter dem Muskel liegt. Man ist deshalb unter Umständen genötigt, die Muskelfaszie zweimal (an der Vorder- und an der Hinterfläche des Muskels) zu durchschneiden, wenn man die Arterie unterbindet. Zwischen dem Ligam. carpi volare (Abb. 178) und dem Lig. carpi transversum, also oberflächlich zu letzterem, geht das Gefäßnervenbündel zur Hohlhand.

Beziehung zum Erbsenbein

Die Sehne des Muskels wird zwar etwas tiefer als beim Fl. c. radialis und Palmaris l., aber doch nahe der Mitte des Vorderarmes partiell sichtbar. Sie ist erst dicht am Pisiforme durch die Haut greifbar, weil sie zum Unterschied von jenen Muskeln Fleischfasern bis nahe an die Handwurzel heran empfängt. Sie bleibt außen vom Hohlhandkanal, steht mit dem Lig. carpi volare et dorsale in Verbindung und inseriert breit am Os pisiforme, dem Sesambein des Muskels (Abb. 174). Steht die Hand in Volarflexion, so setzen die Bandverbindungen des Os pisiforme mit dem Karpus und Metakarpus (Lig. pisohamatum und Lig. pisometacarp., Abb. 177) gradlinig die Richtung der Sehne zu diesen Knochen fort. Ist die Hand dorsal flektiert, so biegt vom Pisiforme aus der Bandapparat rechtwinklig nach dem Karpus und Metakarpus dorsalwärts um und wirkt mit besonders günstigem Moment vom Erbsenbein als Hypomochlion auf die Hand.

Bei der Supination nähert sich die Sehne des Muskels der Ulna (Abb. 208a), bei der Pronation entfernt sie sich etwas von ihr (b). Denn der Radius nimmt bei der Pronation die Hand mit sich und innerhalb der Hand natürlich auch das Erbsenbein. Da die Sehne am Erbsenbein inseriert, macht sie dessen Verschiebung mit.

Wirkung auf die Hand im Vergleich mit anderen Muskeln

Die Volarflexion der Hand ist, wenn die Bewegung aus der Dorsalflexion heraus entwickelt wird, besonders kräftig; sie ist wirksamer als beim Flexor carpi radialis. Der Muskel nähert den ulnaren Handrand dem Unterarm; Volarflexion und ulnare Abduktion sind in dieser Bewegung vereinigt (Abb. 200). Jede Komponente kann durch Mitwirkung anderer Muskeln isoliert werden, z. B. wird bei gemeinsamer Wirkung des Fl. c. rad. (Abb. 172, rot) und Fl. c. uln. (schwarz) die radiale Abduktion des ersteren durch die ulnare Abduktion des letzteren aufgehoben, die gemeinsame Volarflexion dagegen wird summiert. Die langen Fingermuskeln können bei günstiger Ausgangsstellung stärker im Handgelenk flektieren als die Handwurzelmuskeln im engeren Sinne.

Man hüte sich, die Flexores carpi für die eigentlichen oder gar einzigen Handbeuger zu halten, was infolge der Insertionen am Knochen vielfach irrtümlich geschieht. Die langen Fingerbeuger haben unmittelbare Sehnenbefestigungen nur an den Phalangen der Finger, sind aber viel kräftigere Handbeuger als jene, weil sie bei ihrem Durchtritt durch den Canalis carpi an der Handwurzel das Ligamentum carpi transversum als Hypomochlion benutzen und weil der Abstand von der Drehachse und damit ihr Hebelarm besonders groß ist (Abb. 200c). Es kommt eben gar nicht allein auf die Insertionen der Muskeln im engeren Sinn, sondern auf die Drehmomente an, welche durch irgendwelche Verknüpfungen der Muskeln mit den Knochen ausgelöst werden.

Gelegentlich ist die Sehne des Fl. c. uln. außer mit dem 5. auch mit dem 4. und 3. Metakarpale in Verbindung. Da die Sehne des Fl. c. radialis außer an das 2. auch an das 3. Metakarpale gehen kann, so stehen unter Umständen alle Mittel-

handknochen der dreigliederigen Finger unter dem unmittelbaren Zug der beiden Flexores carpi. Auch wenn das nicht der Fall ist, müssen die Metakarpalia gemeinsam den beiden Muskeln gehorchen, weil die Knochen gegeneinander und gegen den Karpus so gut wie unbeweglich feststehen.

Die Abduktion im Handgelenk begleitet nur etwa die ersten 30° der Beugung, für die folgenden 60° wird sie durch die Hemmungsbänder des Handgelenkes ausgeschaltet und schließlich sogar wieder rückläufig, weil das Bewegungsfeld der Hand sich immer mehr einengt, je mehr die Hand gebeugt wird (Abb. 200b). Bei Reizung mit starken faradischen Strömen erhält man daher reine Volarflexion. Darum ist der Muskel doch ein kräftiger Abduktor. Der lateinische Name nimmt darauf keine Rücksicht.

Innervation: 2 Äste des Nervus ulnaris, die vom Nervenkanal hinter dem Ursprung des Muskels in seine Unterfläche eindringen. Als Varietät kommt ein 3. Ast aus dem N. medianus vor oder ein besonderer vom Medianus versorgter Muskelbauch. Segmentale Nerven: (C 7), C 8, Th 1; Blutzufuhr: Aa. collaterales aus A. brachialis und A. ulnaris.

h) Die tiefe Gruppe der dorsalen Muskulatur des Unterarmes (Hinterfläche). Tabelle S. 322, Nr. 13—17.

Musculus supinator. Der Muskel liegt unmittelbar auf den Knochen und ist einer der verstecktesten Muskeln des ganzen Armes, da er von sämtlichen Muskeln der beiden oberflächlichen Gruppen bedeckt ist. Die dünne Muskelplatte, welche am Humerus, dem Gelenk und an der Ulna neben dem Ansatz des Ankonaeus entspringt (Abb. 180), ist um die Gelenkkapsel und um den Radius von hinten nach vorn herumgewickelt bis zur Insertion, die bis auf die Vorderseite des Knochens reicht (Abb. 174, 175). Der Muskel beschreibt bei Pronation des Unterarmes um den rechten Radius die gleiche Linksspirale wie die Sehne des Bizeps (ähnlich Linksschrauben, Abb. 179). Der Pronator teres, der unmittelbar distal vom Supinator am Radius inseriert, läuft bei supiniertem Unterarm in entgegengesetzter Spiraltour um den Knochen herum (beim rechten Radius ähnlich einer Rechtsschraube), ist also Antagonist des Supinator. Beim Bizeps und Pronator ist die Sehne, beim Supinator das Muskelfleisch selbst um den Knochen herumgelegt. Die Kraft, mit welcher sich der Muskel abwickelt und den Radius um seine Längsachse wie einen Kreisel dreht, ist besonders groß; sie ist im günstigsten Fall fast halb so groß wie bei dem vielfach größeren Muskelfleisch beider Bizepsköpfe. Der Weg, der zurückgelegt werden kann, ist aber beim Bizeps viel größer, dessen supinatorische Wirkung durch die Länge der Muskelbäuche besonders ausgiebig und schnell erfolgen kann.

M. supinator (Tabelle Nr. 13), Abb. 174 bis 177, 179, 180

Der Supinator kann in jeder Stellung des Radius sehr energisch arbeiten; für den Bizeps ist die Streckstellung des Armes ausgenommen, weil dann sein Moment gleich Null ist. Für die Differentialdiagnose zwischen der supinatorischen Tätigkeit beider Muskeln beim Lebenden ist das zu benutzen (Radialislähmung, S. 328).

Gerade so wie es einen langen und kurzen Pronator gibt (Pronator teres et quadratus), gibt es, wie wir sahen, einen langen und kurzen Supinationsmuskel, nämlich den Bizeps und den Supinator.

Kurzer und langer Supinator (Bizeps!)

Der Brachioradialis (Tab. Nr. 23) wurde früher Supinator longus genannt; er kann nur in bestimmten Fällen die Supination unterstützen, in ebenso vielen Fällen unterstützt er die Pronation. Es ist zweckmäßig, den Namen Supinator auf den hier behandelten Muskel zu beschränken. Denn der Supinator ist für das Ellenbogengelenk nichts anderes als Supinationsmuskel. Der Bizeps ist mehr Beuger im Ellenbogen als Supinator; er würde immerhin den Namen Supinator longus mit mehr Recht tragen als es einst der Brachioradialis tat.

Der Muskel enthält einen Tunnel für den R. profundus des Nervus radialis, dessen dorsalwärts gewendete Spirale durch den Muskel hindurchführt (Rechtsspirale am rechten Radius, S. 300). Die obere Eintrittspforte für den Nerv ist meistens schräg umrandet (Abb. 179). Die Partie des Muskels, welche oberflächlich zum Nervenkanal liegt, ist schmaler als die hinter dem Nerv liegende. Der Nerv

Nerventunnel im Supinator

liegt daher auf dem oberen und unteren Rand des Muskels frei und ist nur in der Mitte auf eine Strecke von 3—4 cm (oder weniger) von Muskelfasern bedeckt (Abb. 180).

Innervation: Äste des R. profundus nervi radialis, die vor Eintritt in den Muskeltunnel abgehen und separat in die Unterfläche des Muskels hoch oben eindringen. Segmentale Nerven: (C 5), C 6, C 7, (C 8). Blutzufuhr: A. recurrens interossea und A. recurrens radialis. Schleimbeutel: auf der Oberfläche des Mus-

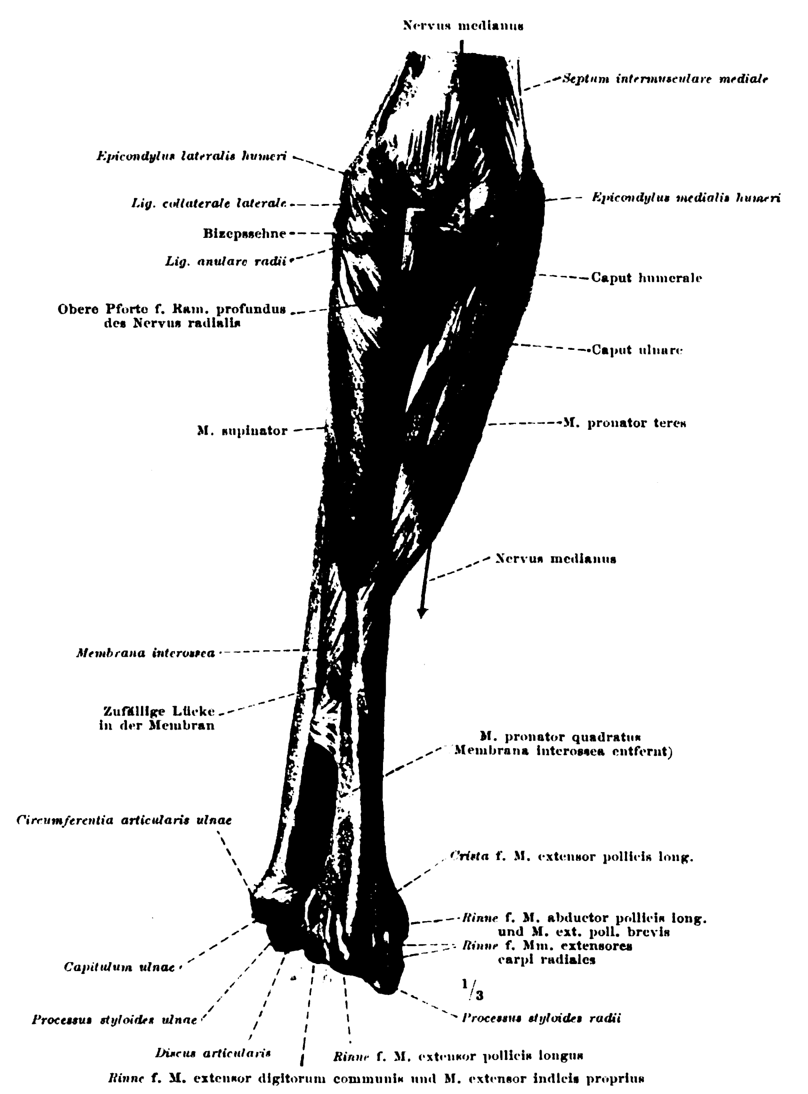


Abb. 179. Pro- und Supinatoren, Unterarm in Pronationsstellung. Legt man den eigenen Arm auf die Tischplatte mit der Handfläche nach unten und betrachtet man die Oberseite, so haben die Knochen die hier abgebildete Stellung. — Der untere Teil der Membrana interossea ist entfernt.

kels kommen variable Bursae synoviales vor, welche sie gegen die Scheuerung durch die darüberliegenden Extensoren schützen (immer ohne Beziehung zum Gelenk, da die Dicke des Muskels — bis zu $1^1/_2$ cm — dazwischen liegt). Proximal schließt an die Insertion unmittelbar die Bursa bicipitoradialis an (Abb. 177).

M. abductor poll. longus (Tabelle

Musculus abductor pollicis longus. Jeder der drei Daumenknochen hat seinen besonderen dorsalen Muskel (drei rote Pfeile, Abb. 175).

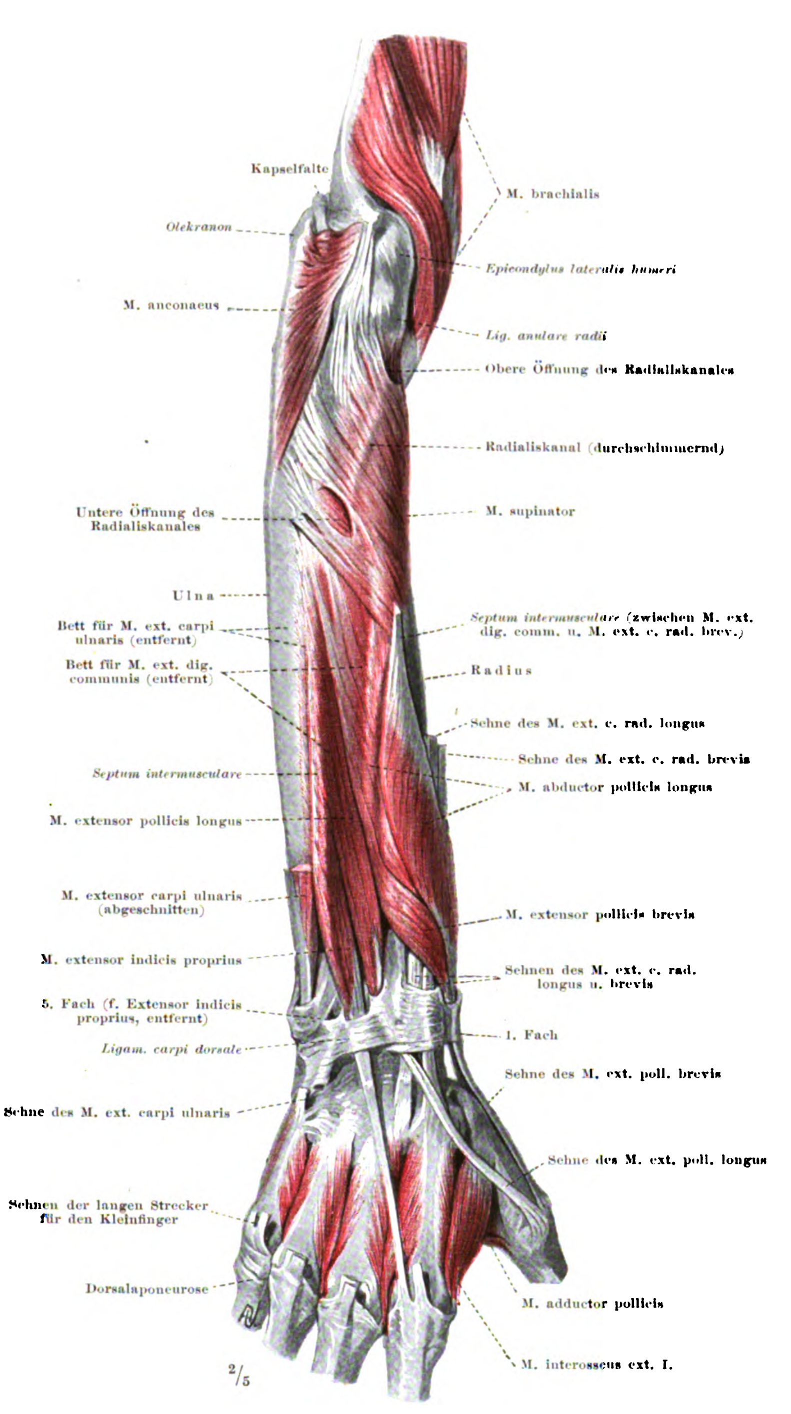


Abb. 180. Tiefe Gruppe der dorsalen Muskeln des Vorderarmes, Normalstellung. Die langen Fingerstrecker der oberflächlichen Schicht sind entfernt, nur die Insertionen an der Dorsalaponeurose erhalten (am Kleinfinger bezeichnet). Die vier Mm. interossei externi an der Hand dargestellt (der erste bezeichnet).

Nr. 14), Abb. 174 bis 177, 180, 182 Der Abductor longus inseriert am Metakarpale, der Extensor brevis (Tab. Nr. 15) an der Grundphalanx, der Extensor longus (Tab. Nr. 16) an der Endphalanx. Von besonderer Wichtigkeit ist die Führung, welche die Sehnen am distalen Radiusende mittels der dorsalen Rinnen des Knochens in einer ganz bestimmten Richtung zu der Hand gewinnen (Abb. 179, 180). Sie werden später bei der Unterarmfaszie genauer beschrieben.

Der Abductor longus entspringt im Anschluß an den Supinator vom Radius, von einem Septum intermusculare zwischen Extensor dig. communis und Extensor carpi radialis brevis (Abb. 182, 180), von der Ulna und der dazwischen liegenden Membrana interossea (Abb. 175). Er ist ein doppeltgefiederter platter Muskelbauch, der zur Hälfte von der oberflächlichen radialen Extensorengruppe bedeckt ist, zur Hälfte frei zwischen der lateralen und medialen Gruppe unter die oberflächliche Vorderarmfaszie und die Haut tritt (Abb. 182). Er überquert mit den beiden andern Daumenmuskeln die Sehnen der Extensores carpi radiales (Tab. Nr. 21 u. 22); das Muskelspiel ist hier bei Abduktion des Daumens durch die Haut zu sehen.

Wirkung auf Daumen- u. Handgelenk Der Daumen wird vom Abduktor nur im Karpometakarpalgelenk bewegt. Die Phalangen werden vom Metakarpale mitgenommen. Sie selbst können dorsal- oder volarflektiert sein, je nachdem andere Muskeln auf sie wirken. Ist aber die Sehne des Abductor poll. longus mit der Sehne des Extensor poll. brevis verwachsen, was nicht selten der Fall ist, dann wird die Grundphalanx des Daumens bei der Kontraktion des ersteren zwangsläufig mitgestreckt.

Die Führung an der Handwurzel im ersten osteofibrösen Kanal am Radius liegt so weit ventral (Abb. 178), daß der Abductor longus die Hand im Handgelenk volar, nicht dorsal flektiert. Den ventralen Muskeln gesellt sich in ihm ein dorsaler Muskel als Synergist hinzu. Er unterstützt die Wirkung der beiden Flexores carpi, beugt aber nur mit ca. $^1/_{10}$ der Kraft des schwächeren von beiden, des Flexor carpi radialis. Immerhin kann durch ihn bei Lähmung der Flexoren (Medianus- plus Ulnaristrennung) noch eine leidliche Beugung der Hand im Handgelenk hervorgebracht werden. Seine Hauptaufgabe für die reine Volarflexion beruht darauf, daß er die stark abduktorische Komponente des Flex. c. ulnaris aufzuheben vermag (Abb. 200c). Infolge der randständigen Insertion des Muskels ist seine Wirkung auf die Hand gleichzeitig abduzierend, und zwar wie beim Fl. carpi radialis im Sinne der radialen Abduktion (Abb. 172). Er ist der wichtigste Abduktor der Hand, der Fl. c. rad. hilft nur ein wenig mit. Das Drehmoment am Daumen ist so viel geringer als am Handgelenk, daß er — trotz seines Namens — viel wichtiger für letzteres ist.

Das Endstück der Sehne des Muskels liegt in dem osteofibrösen Kanal an der Wurzel des Daumenballens in der Verlängerung der Sehne des Brachioradialis, (Abb. 178). Sie ist hier durch die Haut umgreifbar (zusammen mit der Sehne des folgenden Muskels, mit welcher sie die Tabatière nach außen begrenzt). Da die Endsehne des Brachioradialis nicht durch die Haut erkennbar ist, so bietet die Abduktorsehne einen Ersatz für die Lagebestimmung der Arteria radialis, die bis dahin dem Rand des Brachioradialis gefolgt ist (Puls, S. 348).

Innervation: R. prof. n. radialis. Mehrere Ästchen treten in die Oberfläche des Muskels hinein. Segmentale Nerven: C 6, C 7, (C 8). Blutzufuhr: A. interossea dorsalis und A. interossea volaris. Akzessorische Muskeläste aus A. radialis. Schleimbeutel: An der Kreuzung mit den Sehnen der Extensores carpi liegt auf diesen und unter dem Abduktor ein Schleimbeutel, der die Reibung aufhebt. Ein zweiter unter dem Sehnenansatz und auf der Kapsel des Karpometakarpalgelenkes des Daumens. In der Mehrzahl der Fälle ist letzterer mit dem Gelenk in Verbindung (bereits beim Fötus). Variation: Aberrationen der Endsehne zu den Thenarmuskeln und zu dem Lig. carpi transversum kommen vor.

M. extensor poll. brevis Musculus extensor pollicis brevis. Die Ursprünge der tiefen Muskeln, welche an den Abductor pollicis longus anschließen, liegen ulnarwärts



von ihm; der letzte, der M. extensor indicis proprius (Tab. Nr. 17), sitzt ausschließlich auf der Ulna (Abb. 175). Der Extensor pollicis brevis ist der einzige außer dem Abduktor selbst, welcher am Radius befestigt ist. Der Ursprung dringt von da aus zwischen die Ursprünge des Abduktor und Extensor poll. longus (Tab. Nr. 16) auf der Membrana interossea gegen die Ulna vor; doch erreicht er die letztere nicht immer. (Tabelle Nr. 15). Abb. 175, 180, 182, 220

Der Muskel ist schmal, parallelfaserig und ein Satellit des Abductor poll. longus (Abb. 180); die gleichen Nervenäste versorgen ihn, und die Sehnen sind oft untrennbar verwachsen. Sie benutzen immer das gleiche Sehnenfach (1. Rinne im Radius, Abb. 179).

Von der Basis des Metacarpale pollicis ab wird die Sehne des Ext. brevis immer selbständig, da sie weiter distal als die Abduktorsehne inseriert (an der Grundphalanx, Abb. 220). Der Muskel streckt den Daumen im Metakarpophalangealgelenk. Er wirkt wie der Abductor poll. longus abduzierend auf das Karpometakarpalgelenk des Daumens, sei es direkt durch die Konjugation mit dessen Sehne, sei es indirekt, weil er das Gelenk überspringt.

Häufig ist die Sehne bis zur Endphalanx zu verfolgen; sie unterstützt dann den Ext. poll. longus (Tab. Nr. 16). Die Wirkung auf das Handgelenk ist ähnlich wie beim Abductor longus (Abb. 200c).

Innervation, Blutzufuhr, Schleimbeutel wie beim vorigen.

M. extens. poll. longus (Tabelle Nr. 16), Abb. 175, 180, 182, 220

Musculus extensor pollicis longus. Der Muskel entspringt nicht mehr vom Radius, sondern von der Ulna, der Membrana interossea (Abb. 175) und von einem Septum intermusculare, das ihm mit dem folgenden und mit dem M. extensor carpi ulnaris gemeinsam ist (Abb. 180). Der Muskelbauch ist fiedrig, die Sehne wird oft viel höher oben sichtbar als bei den beiden vorhergehenden Muskeln. Sie hat an der Handwurzel ihren eigenen osteofibrösen Kanal (den dritten der Reihe, Abb. 208) und benutzt eine durch die Haut fühlbare Krista in der Mitte des Radius als Hypomochlion (Abb. 179), um lateralwärts zum Daumen zu gelangen, an dessen Endphalanx sie inseriert (Abb. 220). Die Sehne ist bei fast allen Bewegungen des Daumens nach außen und hinten deutlich durch die Haut von der Handwurzel bis zum Nagelglied des Daumens zu sehen.

Tabatière

Sie ist besonders bekannt als eine der Grenzlinien der „Tabatière“, eines Grübchens der Haut zwischen ihr und der Sehne des Extensor pollicis brevis (für die Prise der Schnupfer). Sie überkreuzt die Sehnen der Extensores carpi weiter distal, als die Sehnen des Abductor pollicis longus und Extensor pollicis brevis es tuen (Abb. 175, rote Pfeile), so daß erstere in die Tiefe der Tabatière zu liegen kommen (Abb. 182).

Der Muskelbauch liegt ganz im Gegensatz zur Sehne sehr versteckt; er ist von der medialen oberflächlichen Muskelgruppe bedeckt und bildet mit den Nachbarmuskeln ein Bett für sie (Abb. 180).

Die Tabatière wird oberflächlich gekreuzt von der Vena cephalica pollicis und dem sensiblen Endast des N. radialis (R. superficialis). In der Tiefe liegt die Arteria radialis. Unter den Sehnen der Extensores carpi kommt man auf das Os naviculare und Os multangulum majus.

Wirkung auf Daumen und Handgelenk

Der Muskel streckt das Endglied des Daumens und hat für den Daumen im ganzen die Bedeutung eines Adduktor, weil die Sehne von dem Hypomochlion in der Mitte des Radius aus wirkt, wie man deutlich durch die Haut sehen kann. Stellt man die Hand in Volarflexion und den Daumen in Abduktion, so ist die Sehne von der Handwurzel ab fast rechtwinklig gegen die Richtung des Muskels am Unterarm abgeknickt. Man kann sich hier am eigenen Körper besonders leicht klar machen, wie die Führung am distalen Radiusende (Hypomochlion) über die Wirkung des Muskels entscheidet; denn das Muskelfleisch des langen Abductor und der Strecker des Daumens haben am Unterarm fast die gleiche



Richtung, erst die Führung der beiden im ersten Sehnenfach vereinigten Muskeln macht aus ihnen Abduktoren des Daumens; die eigene Führung im dritten Sehnenfach macht aus dem Extensor poll. longus einen Antagonisten dazu, einen Adduktor des Daumens.

Auch für das Handgelenk wirkt der Extensor longus antagonistisch zu jenen; er flektiert dorsalwärts, während jene volarwärts flektieren (Abb. 200c). Die Beteiligung an der radialen Abduktion im Handgelenk ist bei allen dreien dem Charakter nach, allerdings nicht dem Grade nach gleich. Der Extensor poll. longus kann nur dann die Hand abduzieren, wenn Bewegungen des Daumens durch andere Muskeln gehemmt sind.

Innervation: R. profundus n. radialis. Die Zweige dringen in die Oberfläche des Muskels ein und versorgen auch den Extensor indicis proprius (Tab. Nr. 17). Segmentale Nerven: (C 6), C 7, C 8. Blutzufuhr: wie beim Abductor poll. longus.

M. ext. indicis propr. (Tabelle Nr. 17). Abb. 175. **180**, 182 220

Musculus extensor indicis proprius. Der Muskel liegt von der tiefen Gruppe am weitesten distal- und ulnarwärts und ist auf den Ursprung an der Ulna beschränkt (Abb. 175). Die Insertion an der Dorsalaponeurose des Zeigefingers ist die gleiche wie bei der Indexsehne des oberflächlichen Extensor digit. communis (Tab. Nr. 18), nur ulnarwärts von ihr (Abb. 180, 182). Die Sehne geht mit den Sehnen des Extensor communis durch das 4. Sehnenfach an der Handwurzel (Abb. 208). Die Wirkung ist gleich der des oberflächlichen Muskels (siehe Dorsalaponeurose der Finger); doch ist gerade für den Zeigefinger die doppelte Versorgung wichtig, weil die beiden Muskeln verschiedenen Schichten der dorsalen Muskulatur angehören und vor gleichzeitiger Schädigung des Muskelfleisches selbst oder der Nerven besser gesichert sind als ein Muskel allein oder zwei Muskeln der gleichen Schicht. Auf das Handgelenk wirkt er dorsalflektierend und leicht ulnar abduzierend.

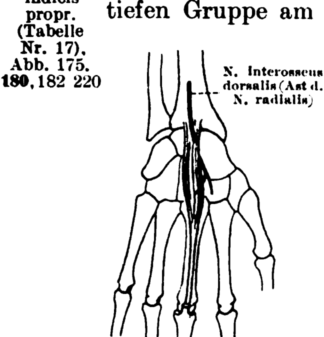


Abb. 181. M. extensor des Mittelfingers (Varietät). Aus C. Ruge, Präp. Übungen. Bd. I.

M. ext. dig. profundus

Es kommen mannigfache Variationen des Muskels und der Sehne vor, die darauf hindeuten, daß ursprünglich ein größerer gemeinsamer Extensor digitorum profundus vorhanden war. Der Verlust für die übrigen Finger kommt der freieren Funktion des Zeigefingers zugute.

Bei den anthropoiden Affen besteht wie bei allen niederen Primaten entweder ein tiefer Extensor am zweiten bis vierten Finger (Hylobates), oder er ist auf den 2. und 3. Finger oder wie beim Menschen auf den 2. Finger beschränkt. Beim Orang fehlt oft gerade diese Sehne. — Das häufigste Rudiment der Sehnen zu den übrigen Fingern ist beim Menschen ein M. ext. brevis des Mittelfingers, der in 10% der Fälle vorkommt (Abb. 181), und manchmal auch zum 4. und 5. Finger Sehnen abgibt. In diesen Fällen ist der Muskelbauch auf den Handrücken beschränkt. Beim Fuß ist der entsprechende Muskel normal (Extensor dig. brevis). In seltenen Fällen ist das Muskelfleisch auf den Unterarm zu verfolgen und in Verbindung mit dem M. ext. indicis proprius.

Es kommen Verbindungen der Sehnen des letzteren mit der Sehne des Extensor poll. longus vor sowie ein besonderer Muskel, der mit gespaltener Sehne am Zeigefinger und am Daumen inseriert (M. extensor profundus pollicis et indicis, Abb. 182). Danach und nach der Innervation gehören beide zum ursprünglichen tiefen Strecker.

Die Innervation des Ext. indicis proprius und Ext. poll. longus geschieht durch den gleichen Nervenast des R. profundus n. radialis. Blutzufuhr wie bei den vorigen.

i) Die ulnare Gruppe der oberflächlichen dorsalen Vorderarmmuskeln (Hinterfläche). Tabelle S. 322, Nr. 18—20.

Die Muskeln dieser Gruppe schließen wir am besten an die vorhergehenden an, weil sie unmittelbar auf ihnen liegen und ganz unverändert der Hinterfläche des Vorderarmes angehören (Abb. 165 b, hellrot).

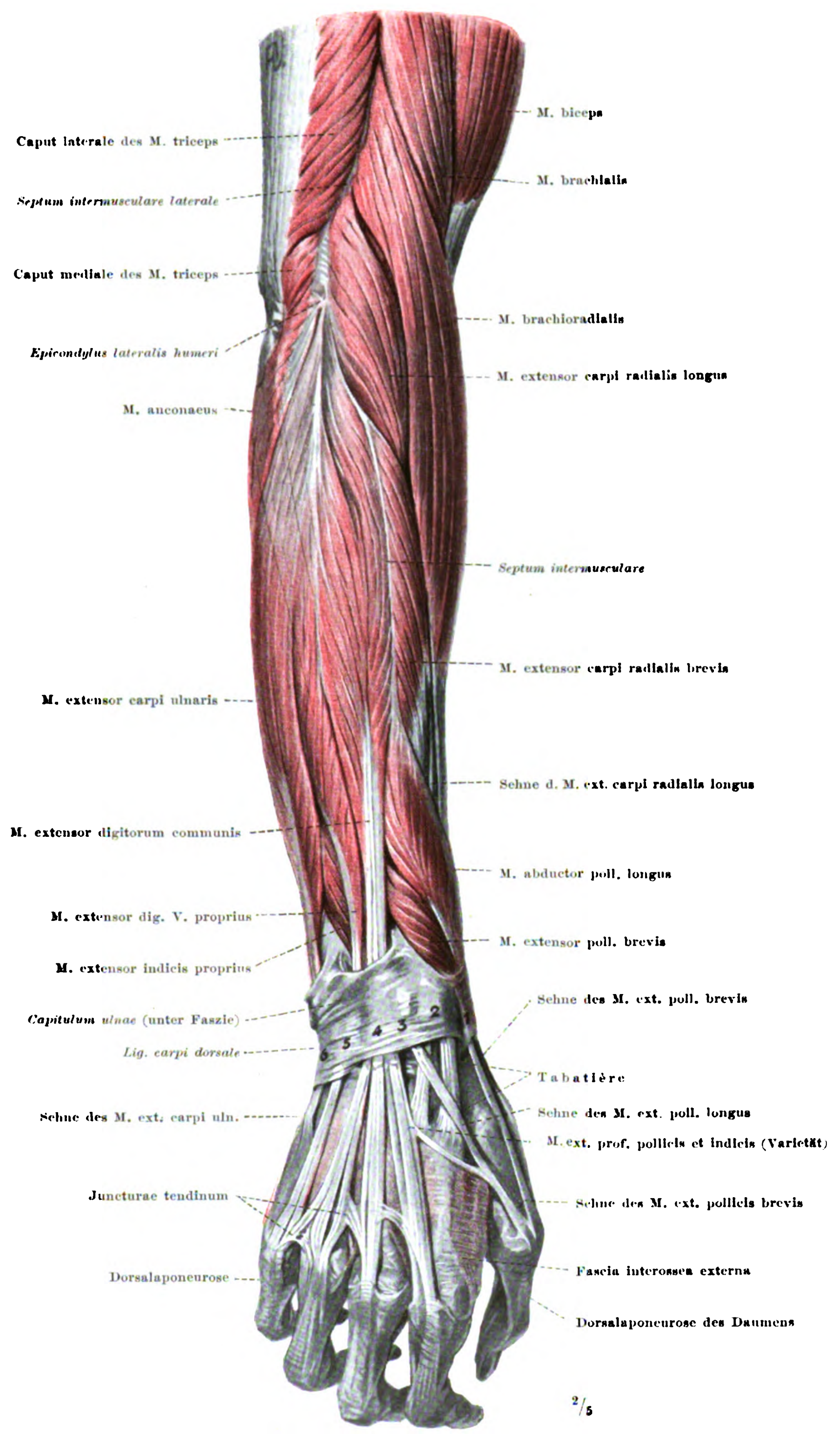


Abb. 182. Oberflächliche dorsale Muskeln des Vorderarmes, Mittelstellung zwischen Pro- und Supination. Am Daumen ein typischer M. ext. pollicis longus und außerdem ein M. ext. profundus pollicis et indicis (Varietät), der sich mit jenem vereinigt. Nr. 1—6: Die Fächer für die Sehnen der Strecker.

Alle Muskeln dieser Gruppe sind wie die der vorigen (tiefen) Gruppe von Ästen des R. profundus n. radialis versorgt. Die radiale Gruppe (Tab. Nr. 21—23) wird dagegen von Ästen des Hauptstammes des N. radialis innerviert und nimmt abgesehen von ihrer dorsoventralen Lage (Abb. 165, rotviolett) auch durch ihre Innervation eine besondere Stellung den beiden übrigen Gruppen (Tab. c u. d) gegenüber ein. Es ist von großer praktischer Bedeutung, daß die radiale Gruppe ihre Äste oberhalb der Teilung des Nervus radialis, die am Ellenbogen stattfindet, bezieht. Diese Äste können bei Verletzungen, die den R. profundus allein treffen (z. B. bei Schußfraktur des Radius), intakt bleiben. Gelähmt sind in solchem Fall nur Muskeln der beiden anderen Gruppen (Tab. Nr. 13—20).

M. ext. dig. comm. (Tabelle Nr. 18), Abb. 132, 175, **182** bis 184

Musculus extensor digitorum communis. Der Muskel entspringt vom Epicondylus lateralis humeri mittelst eines Sehnenblattes, das der ganzen Gruppe, zu welcher er gehört, und dem anstoßenden Muskel der folgenden Gruppe (Tab. Nr. 21) gemeinsam ist, und nimmt deshalb am Knochen nur einen kleinen Platz ein (Abb. 175). Seine Ursprünge sind außerdem an der Gelenkkapsel und an dem aponeurotischen Teil der Unterarmfaszie befestigt (Abb. 182). Der Muskel liegt in der Mitte des Unterarmes und verläuft gerade abwärts; er findet sich mit seiner ganzen Oberfläche frei unter der Unterarmfaszie und

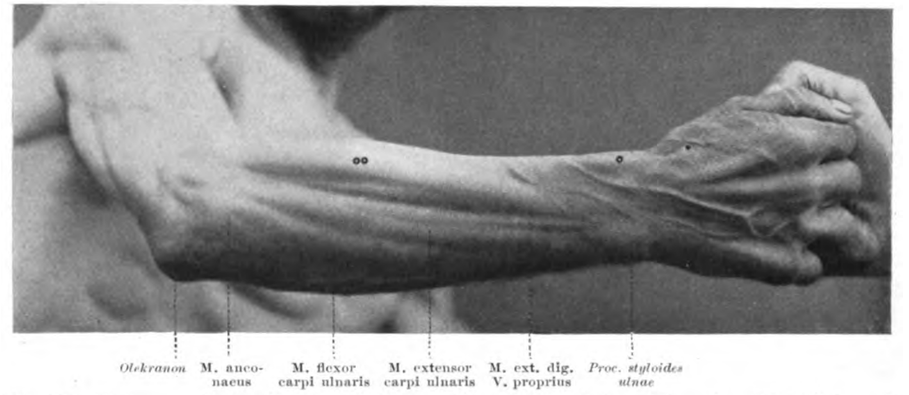


Abb. 183. Unterarm in Supinationsstellung. Oberarm abduziert und Rumpf zurückgelehnt, so daß die Rückseite des Unterarmes etwas schräg von unten eingesehen werden kann. Photographie eines sehr mageren, muskelkräftigen Mannes.
o Sehnen des M. abd. poll. longus und M. ext. poll. brevis. oo Muskelbauch des M. ext. digit. comm. (sein Sehnenfächer springt am Handrücken heraus). • Sehne des M. ext. pollicis longus (links daneben die Tabatière).

unter der Haut, durch welche sein spindelförmiger Bauch bei mageren Individuen gut zu erkennen ist (Abb. 183). Die 4 Sehnen für den 2.—5. Finger, welche aus dem Muskelfleisch im distalen Drittel des Vorderarmes (oft schon in der Mitte) hervorgehen, sind äußerlich weniger deutlich zu sehen. Sie liegen dicht nebeneinander in einer Schicht. Nachdem sie mit dem Extensor indicis proprius an der Handwurzel ein gemeinsames Fach in gemeinsamer Sehnenscheide passiert haben, divergieren sie sofort (4. Fach, Abb. 182, 208). Der Sehnenfächer am Handrücken ist sehr leicht durch die Haut zu sehen (Abb. 132, 183).

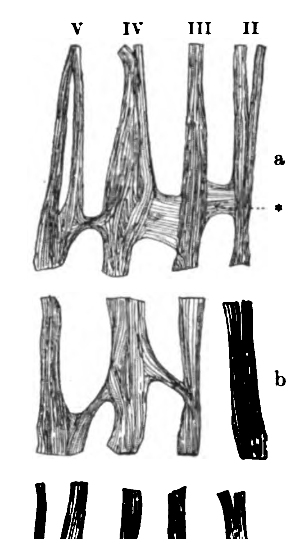
Die Unterseite des Muskels liegt in einem Bett von straffen Bindegewebssepten, die ihn und den folgenden Muskel gegen die tiefe Gruppe (Tab. Nr. 13—17) und gegen die benachbarten oberflächlichen Muskeln (Tab. Nr. 20, 21) scharf abgrenzen und dem Muskelbauch als Führung dienen. Die Führung für die Sehnen unter dem Lig. carpi dorsale liegt gerade noch auf dem verbreiterten distalen Radiusende (Abb. 179).

Die Sehnen gehen je an der Basis der Grundphalanx in die Dorsalaponeurosen des 2.—5. Fingers über. Letztere werden bei der Hand beschrieben, weil kurze Handmuskeln (Interossei u. Lumbricales) ebenfalls in sie einstrahlen und weil die Wirkung nur durch die Beteiligung letzterer verständlich ist.

Sehnenfächer und -brücken

Die 2. u. 3. Sehne liegt in der Richtung des Metakarpale III. und IV. Die erste und fünfte Sehne ziehen schräg über den zweiten resp. vierten Zwischenraum zwischen den Metakarpalia hinüber zu ihrer Endaponeurose. Auf diesem Wege längs der Metakarpalia sind regelmäßig Verbindungsbrücken, Juncturae tendineae, zwischen den Sehnen vorhanden. Der Sehnenfächer kann eine fast ununterbrochene dreieckige Platte sein, wenn die Einzelsehnen und die Brücken zwischen ihnen breit und häutig sind. Je schärfer die Einzelsehnen heraustreten, um so schmaler sind die Brücken. Die Zahl der Sehnen ist sehr wechselnd, gewöhnlich vier aber gelegentlich größer.

Die Sehne des Zeigefingers (II, Abb. 184) hat als Randsehne des Fächers nach der Daumenseite zu nie eine Brücke und nach der Mittelfingersehne zu nicht immer eine solche (b, c). Ist sie vorhanden (bei *), so ist sie dünn und membranartig. Die Zeigefingersehne ist deshalb in ihren Bewegungen gegenüber den übrigen Sehnen besonders frei. Der zugehörige Teil des Muskelfleisches ist oft sehr weit hinauf vom übrigen Muskelbauch abgesetzt und ist immer in seiner Innervation deutlich unterschieden (ein besonderer Nervenast des R. profundus n. radialis versorgt diesen Teil). Außerdem besitzt der Zeigefinger in der Sehne des M. extensor indicis proprius noch einen zweiten ganz selbständigen Motor, der einer anderen Muskelschicht mit tieferen Nervenzweigen angehört (allerdings vom gleichen R. profundus n. radialis innerviert). Dessen Sehne liegt am Unterarm tiefer und am Handrücken ulnar neben der des Ext. dig. communis. Die Dorsalflexionen des Zeigefingers sind also in der verschiedensten Hinsicht bevorzugt und gesichert, ähnlich wie diejenigen des Daumens.



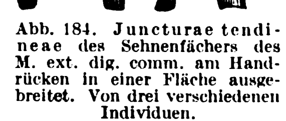


Abb. 184. Juncturae tendineae des Sehnenfächers des M. ext. dig. comm. am Handrücken in einer Fläche ausgebreitet. Von drei verschiedenen Individuen.

Die anderen Finger haben nur ausnahmsweise solche Freiheit, am ehesten noch die Sehne des Minimus. Bei ihr als Randsehne ist auch nur nach einer Seite eine Brücke möglich, und zwar zur Sehne des Ringfingers (IV, Abb. 184 a—c). Diese ist konstant. Vom folgenden Muskel (Tab. Nr. 19) kommt noch eine besondere Sehne an den kleinen Finger. Doch gehört sie nicht einer besonderen Muskelschicht an, wie die zweite Sehne des Zeigefingers.

Der Mittel- und Ringfinger (III, IV) haben nur je eine Sehne, die in der Regel nach beiden Seiten durch Brücken mit den Nachbarsehnen verbunden sind. Beim Ringfinger (IV) sind sie am konstantesten; deshalb ist dieser Finger nur unvollkommen für sich beweglich (Klavierspielen). Beim Mittelfinger fehlt oft die Brücke nach der Zeigefingersehne zu, wie oben erwähnt, oder sie ist doch zart. Die Brücke zwischen der Sehne des Mittel- und Ringfingers ist dagegen straff und dick; sie fehlt selten (c).

Bei Zerschneidung der Sehnenbrücken kann die Absicht, größere Freiheit für die betreffenden Finger zu erreichen (Musiker), vereitelt werden, weil außerdem die Kapseln der Grundgelenke der Finger und die Bandverbindungen zwischen den Mittelhandknochen (Ligg. capitulorum transversa) die Dorsalflexionen hemmen können. Die Innervation des Muskelfleisches für den 3.—5. Finger und für den Ext. digit. V. propr. (Tab. Nr. 19) geschieht durch die gleichen Nervenäste und unterscheidet sich dadurch von der separaten Versorgung des Bauches für den Zeigefinger durch einen besonderen Nervenast. Dies mag damit zusammenhängen, daß

gewöhnlich der 3.—5. Finger gemeinsam bewegt werden, ist aber kein Hinderungsgrund, daß durch Übung jede Sehne für sich in Betrieb genommen werden kann.

Bei Anthropoiden sind so breite Membranen zwischen den Einzelsehnen ausgespannt, daß nur gemeinsame Fingerbewegungen möglich sind.

Die Volarflexionen unserer Finger sind durch die Brücken sehr wenig gehemmt, weil der gedehnte Muskel nachgibt. Bei mageren Händen sieht man die Brücken durch die Haut. Sie liegen bei volar flektierten Fingern in der Höhe der Knöchel des Handrückens (Abb. 183) und verschieben sich bei Streckung der Finger um ca. 2 cm proximalwärts auf das Handgelenk zu.

Wirkung auf die Finger

Außer der Dorsalflexion der Finger, welche im Detail bei den Handmuskeln behandelt wird (Dorsalaponeurose), spreizt der Ext. dig. communis mit dem Ext. indicis proprius und Ext. dig. V. proprius zusammen die dreigliedrigen Finger. Die Abduktion hört auf, wenn die Finger in die Richtung der Mittelhandknochen gelangt sind oder sie ein wenig überschritten haben. Geht die Bewegung von einer stärkeren Spreizung aus, so adduzieren die Fingerstrecker bis wieder jene Ruhelage erreicht ist. Daß die Ruhelage eine leichte Abduktion ist, wird beim Kleinfinger wie im Experiment durch die Ulnarislähmung bewiesen. Denn alle Muskeln des Minimus außer den beiden langen Fingerstreckern sind vom N. ulnaris innerviert. Ist dieser gelähmt, so bleibt die reine Wirkung der letzteren übrig. Die leichte Abduktionsstellung des Kleinfingers ist ein sehr charakteristisches Symptom der Ulnarislähmung. Die Sehne des Ext. communis geht etwas schräger an den Kleinfinger heran als die Sehne des Eigenstreckers (Abb. 182). Die Abduktionsstellung ist ein Kompromiß aus der Wirkung beider Sehnen.

Der Ext. communis ist zu kurz, als daß gleichzeitig in allen Gelenken, welche er überspringt, in dem für jedes Einzelgelenk höchst möglichen Grade volarwärts flektiert werden könnte. Beugt man die festgeballte Faust so stark wie möglich im Handgelenk, so öffnen sich die Finger von selbst, ein Handgriff, den die Buben sehr wohl kennen, um der geschlossenen Hand eines Kameraden einen versteckten Gegenstand zu entwinden. Außer dem passiven Widerstand der langen Strecker spielt die Insuffizienz der langen Beuger dabei eine Rolle. Gelähmte können mit Hilfe der passiven Wirkung der Strecker allmählich lernen, durch Kontraktion der langen Fingerbeuger paradoxerweise ihre Finger ein wenig zu strecken. Der Unkundige kann das leicht für eine Wiederkehr der aktiven Streckmöglichkeit halten und muß sich hüten, daraufhin bei dem Patienten trügerische Hoffnungen zu erwecken.

Man überzeuge sich, daß bei maximaler Dorsalflexion der Hand und Finger die Mittel- und Endphalangen ein wenig volar flektiert sind. Es beruht das auf einem passiven Widerstand der beiden gedehnten langen Fingerbeuger, den die langen und kurzen Muskeln, welche aktiv die Dorsalaponeurose regieren, nicht überwinden können. Die langen Fingerbeuger ziehen in diesem Fall ihre Insertionspunkte volarwärts, ohne selbst aktiv kontrahiert zu sein, nur durch passive Überdehnung. Aktiv sind in diesem Fall allein die Strecker: sie beugen also die Finger, das entsprechende Paradoxon zu den „streckenden Beugern".

Wirkung auf das Handgelenk

Die Hand wird vom langen Fingerstrecker dorsal- und ein wenig ulnarwärts bewegt (Abb. 200c). Die Wirkung ist genau entgegengesetzt derjenigen des Flexor carpi radialis + Flexor pollicis longus auf das Handgelenk. Trotz der langen Sehnen und relativ kurzen Bäuche des Muskels ist die maximale Wirkung auf das Handgelenk beträchtlich. Dies tritt rein hervor bei Lähmung der eigentlichen Handwurzelstrecker (Extensores carpi, Tab. Nr. 20, 21, 22); es ist dann immer noch halb so viel Kraft für die Dorsalflexion verfügbar, wie wenn alle langen Hand- und Fingermuskeln zusammenwirken. Der Extensor dig. communis ist also stärker als jeder andere einzelne Muskel, der im Handgelenk dorsal flektiert.

Der Extensor carpi radialis brevis (Tab. Nr. 21) kommt ihm am nächsten; an dritter Stelle steht der Extensor indicis proprius seiner Leistung nach.

Bei Lähmungen der Strecker der Hand wird die Kraft im Handgelenk mit Vorteil gesteigert, wenn man normale Beugemuskeln mit den Sehnenansätzen jener vernäht. Die Flexoren sind zahlreicher und kräftiger als die Extensoren. Man

kann also von ihrem Überfluß ohne merkbare Schädigung für die Hand etwas abzweigen und für ausgefallene Extensoren einsetzen. Derartige Pfropfungen von gesunden Muskeln auf kranke sind gerade hier sehr gebräuchlich. Die Innervationszentren der Muskeln fügen sich durch Übung bald in die ganz andersartigen Ansprüche, welche nach der Pfropfung an sie gestellt werden.

Innervation: R. profundus des N. radialis. Die Äste treten in die Unterfläche des Muskels ein. Segmentale Nerven: C 6, C 7, C 8. Blutzufuhr: A. interossea dorsalis (superior).

Musculus extensor digiti quinti proprius. Der langspindelförmige Muskel ist oberflächlich gut sichtbar (Abb. 182, 183). Er ist ganz unvollkommen vom vorigen abgespalten. Ursprung und Innervation sind die gleichen wie bei jenem; die Nervenäste treten proximal und distal vom ulnaren Rand des Extensor dig. communis aus in das Fleisch des Extensor dig. V. propr. ein. Eine künstliche Spaltung zwischen beiden Muskeln den Fasern nach würde also die Nerven schädigen. In der Tat ist der Muskelbauch des Extensor dig. communis für den Zeigefinger der Innervation nach selbständiger als der Eigenmuskel des Minimus. Man unterscheidet ihn nur deshalb von dem vorigen, weil ihm ein separates Fach für seine Sehne an der Handwurzel eigen ist (das 5., Abb. 182). Die Sehne liegt gerade über dem distalen Gelenk zwischen Radius und Ulna (Abb. 208a). Ihre Sehnenscheide ist am Radius festgeheftet; sie entfernt sich bei Pronation mit dem distalen Ende des Knochens vom Processus styloides ulnae (Abb. b). Auf diese Weise bekommt das Köpfchen der Ulna Platz und wird oberflächlich prominenter als bei Supination (S. 413). Die Sehne ist gewöhnlich am Handrücken zweigeteilt (Abb. 182).

M. ext. dig. V. propr. (Tabelle Nr. 19), Abb. 175, **182**, 183

Wirkung, Innervation, Blutzufuhr wie beim vorigen. Er kann fehlen und ist dann im Extensor communis stecken geblieben (Hemmungsbildung). Theoretisch ist interessant, daß hier Abspaltungen des gleichen Muskels verschiedene Sehnenfächer benutzen, während umgekehrt die Sehne des Extensor indicis proprius mit dem oberflächlichen Strecker trotz ganz verschiedener Herkunft durch das gleiche Fach geht. Von den langen dorsalen Daumenmuskeln, die mit ihm aus dem tiefen Strecker stammen, ist der Ext. indic. propr. dagegen getrennt; das letztere ist der gleiche, aber gesteigerte Vorgang wie beim Eigenstrecker des Kleinfingers. Es ist nicht genügend aufgeklärt, welche Bedeutung dem besonderen Verlauf des Ext. dig. V. pr. zukommt.

Musculus extensor carpi ulnaris. Der Muskel geht lediglich zur Handwurzel; er ist der erste der drei dorsalen Muskeln dieser Art, den wir betrachten (Abb. 172, schwarze Linie). Er liegt am weitesten medial von allen dorsalen Muskeln des Unterarmes (Abb. 182). Der Ursprung am Humerus ist mit den beiden vorigen gemeinsam; er entspricht dem untersten Punkt des Epicondylus lateralis (Abb. 175). Außerdem entspringt der Muskel von Faszienzügen, die von der Sehne des Trizeps ausstrahlen und den Anconaeus bedecken. Sein Muskelfleisch schmiegt sich hier eng dem Rand des Anconaeus an und erreicht auf diesem Weg die hintere Kante der Ulna. Mit aponeurotischen Ursprüngen ist der Muskel oft bis zum Beginn des untersten Drittels der Ulna an den Knochen angeheftet. Zwischen dem Flexor carpi ulnaris und Extensor carpi ulnaris, deren sehnige Ursprünge an der Ulna unmittelbar nebeneinander liegen, bleibt die hintere Ulnakante von Muskelfleisch frei. Sie wird von den Sehnenfasern im Niveau der beiden aneinander stoßenden Muskeloberflächen gehalten. Daher kommt es, daß die Innenseite des Unterarmes stets gleichmäßig gewölbt ist (Abb. 183, unterer Rand).

M. ext. carpi ulnaris (Tabelle Nr. 20), Abb. 132, 175, 180, **182**, 183

Die Form ist eine ganz andere wie die an der Außenseite des Armes, wo der Radius von Muskeln in verschiedenen Niveaus überhöht wird; daher ist der Kontur dort keine gleichmäßig fortlaufende Kurve, sondern eine unterbrochene, geknickte Linie (Abb. 132, Vorderrand; Abb. 183, Oberrand).

Der Muskelbauch ist langgestreckt, spindelförmig. Er liegt in ganzer Ausdehnung oberflächlich und ist durch die Haut zu sehen (Abb. 183). Lateral

schließt er an den Extensor digit. V. proprius an. Die Sehne wird ziemlich weit oben sichtbar, empfängt aber bis dicht an die Handwurzel von beiden Seiten und aus der Tiefe Muskelfasern (Abb. 182). Das Muskelfleisch reicht bei keinem der oberflächlichen Extensoren so tief herab wie bei ihm. Er ähnelt auch darin dem Flexor carpi ulnaris.

Die Führung des Muskelbauches ist sehr stark ausgeprägt. Straffe Bindegewebsmembranen begrenzen seine Unter- und Seitenfläche gegen den Supinator, gegen die übrigen Muskeln der tiefen Gruppe, denen er auflagert (außer dem Abductor pollicis longus) und gegen die langen Fingerstrecker. Dieses Septum intermusculare und ein freier Streifen der Ulna selbst bilden das eigene osteofibröse Bett für den Muskelbauch (Abb. 180).

Sehnenfach zwischen Capitulum und Proc. styloides ulnae

Die Sehne ist durch ein besonderes Fach an der Handwurzel auf der Hinterseite der Ulna fixiert (6. Fach, Abb. 182) und liegt hier in einer Rinne zwischen Processus styloides und Capitulum ulnae (Abb. 208). Bei Pronation des Vorderarmes ist der im Oberflächenrelief oft stark prominente Knorren (Capitulum ulnae) eingerahmt von den Sehnen des Ext. digit. V. propr. und des Ext. carpi ulnaris.

Der Griffelfortsatz liegt immer medial von den Extensoren (Abb 175). Er ist zwischen den Sehnen des Extensor und Flexor carpi ulnaris zu fühlen und ist daran leicht erkennbar. Hier liegt beim Lebenden eine wichtige Marke für die Bestimmung des Handgelenkes (Articulatio radiocarpea). Die Spitze des Processus styloides ulnae entspricht genau der Gelenkspalte, die hier allein zu fühlen ist, weil sie sonst von den Sehnen der langen Hand- und Fingermuskeln und dem Griffelfortsatz des Radius bedeckt und durch die Haut nicht zu erkennen ist.

Wirkung auf das Handgelenk u. die Kleinfingerseite der Hand

Die Insertion an einem besonderen Höcker der Basis des 5. Metakarpale hat entgegengesetzte Beziehungen zu den beiden Kammern des Handgelenkes. Sie liegt volar zu dem Interkarpalgelenk (Abb. 174). Die Sehne, die von der Führung an der Hinterfläche der Ulna ab anfänglich dorsal zum Carpus liegt, wirkt deshalb auf die distale Karpalreihe gerade umgekehrt wie auf die proximale. Die letztere wird im Radiokarpalgelenk dorsal flektiert, die erstere wird im Interkarpalgelenk volar flektiert (siehe Handgelenk).

Unser Muskel ist für die Dorsalflexion im Handgelenk fast unwirksam; jedenfalls tritt er weit zurück hinter die Wirkung der Extensores carpi radiales (Nr. 21, 22), sogar der Extensor pollicis longus ist ihm in dieser Beziehung überlegen. Sind die übrigen Dorsalflexoren der Hand gelähmt, so kann der Muskel nicht einmal das Gewicht der Hand selbst über die Horizontale emporheben. Dagegen abduziert er sie ulnarwärts mit großer Kraft und ist also fast ein reiner Abduktor. Er wird verstärkt durch die abduzierende Komponente des Flexor carpi ulnaris (Abb. 172). Der Abductor pollicis longus bewegt die Hand in entgegengesetzter Richtung wie unser Muskel (Abb. 200c). Beide sind Antagonisten reinster Form. Das hat für den Daumen die Bedeutung, daß er ohne Mitbewegung der ganzen Hand abduziert werden kann. Denn der Extensor c. ulnaris ist imstande, die Hand so festzuhalten, daß die abduktorische Wirkung des Abd. pollicis auf das Handgelenk ausgeschaltet wird. Der Daumen wird dann allein im Karpometakarpalgelenk bewegt.

Ein anschauliches Beispiel für die aktive automatische Sperrung der Abduktionen im Handgelenk ist das DUCHENNEsche Phänomen: man legt die Handfläche auf den Tisch und schiebt den Daumen auf der Tischplatte mit kräftiger Abduktionsbewegung von den andern Fingern weg; betastet der Zeigefinger der anderen Hand während des Vorganges die Sehne des Extensor carpi ulnaris der Versuchshand an der Handwurzel dicht neben der Insertion, so fühlt man sehr deutlich, daß sich die Sehne bei jeder Abduktion des Daumens strafft. An sich hat der Extensor carpi ulnaris mit der Abduktion des Daumens gar nichts zu tun. Aber der Abduktor pollicis longus, Extensor pollicis longus und Extensor pollicis brevis, welche die Daumenbewegung ausführen, haben sämtlich eine abduktorische Komponente und würden, wenn sie ungehindert wirken könnten, nicht nur den Daumen, sondern

auch die Hand im Handgelenk abduzieren. Das wird durch eine antagonistische Tätigkeit des Extensor carpi ulnaris unmöglich gemacht. Der ganze Vorgang verläuft uns völlig unbewußt.

Eine passive Aufgabe erfüllt die Sehne bei der Supination. Sie wird dabei zwischen den Griffelfortsatz der Ulna und die distale Verbreiterung des Radius eingeklemmt und bremst extreme Ausschläge bei plötzlichen Bewegungen (Abb. 208a).

Fast regelmäßig kommen Abzweigungen von Nebenzügen der Sehne bis zur Grundphalanx des 5. Fingers vor. Das Grundgelenk des Minimus ist gegenüber denen des 2.—4. Fingers verhältnismäßig beweglich. Der Extensor carpi ulnaris besorgt die immerhin minimale Dorsalflexion.

Innervation: Ein Ast des R. profundus n. radialis tritt an der Grenze zwischen oberem und mittlerem Drittel in die Unterfläche des Muskels ein (an der breitesten Stelle des Bauches). Segmentale Nerven: (C 6), C 7, C 8. Blutzufuhr: A. interossea dorsalis. Schleimbeutel: In 20% der Fälle liegt eine Bursa zwischen der Ursprungssehne des Muskels und der darunterliegenden Gelenkkapsel plus Supinator.

k) Die radiale Gruppe der oberflächlichen dorsalen Vorderarmmuskeln (äußere Seiten- und Vorderfläche des Unterarmes). Tabelle S. 322, Nr. 21—23.

Diese Muskelgruppe verdient ganz besondere Aufmerksamkeit, weil sie in vieler Beziehung eigenartig differenziert und von allen anderen Unterarmmuskeln unterschieden ist. Beim menschlichen Embryo liegt die gemeinsame Anlage rein dorsal, und die Innervation bleibt zeitlebens eine dorsale (durch den dorsalen Nervus radialis). Aber die Muskelanlagen verschieben sich mit den Ursprüngen nach der Vorderseite des Armes zu und dringen am Humerus proximalwärts vor. Sie liegen beim Erwachsenen an der Außen- und Vorderfläche des Armes (Abb. 165b, rotviolett) und reichen manchmal bis zur Mitte des Oberarmknochens hinauf. Sie berühren dann, indem sie sich zwischen die dorsale und ventrale Oberarmgruppe hineinschieben, die Insertion der Schultermuskeln (Tuberositas deltoidea, siehe Brachioradialis Tab. Nr. 23). Schulter- und Unterarmmuskeln können an diesem Punkt unmittelbar ineinander übergehen unter Ausschaltung der Oberarmmuskeln. Daraus folgt, daß die Muskeln der radialen Gruppe beim Erwachsenen nur vom Humerus entspringen und sich dadurch von sämtlichen anderen Unterarmmuskeln unterscheiden. Es folgt weiter, daß sie Flexoren des Ellenbogens sind. Sie schichten sich dachziegelförmig übereinander und füllen bei gebeugtem Arm ein Dreieck aus, dessen Basis vom obersten Punkt am Humerusschaft zur Mitte des Unterarmes verläuft, und dessen Spitze am Epicondylus lateralis liegt (Abb. 164). Der Knick der Ellenbeuge auf der Beugeseite des Armes wird auf diese Weise ganz ausgefüllt. Je höher die Muskelgruppe am Humerus heraufreicht, um so unförmlicher wird die Verbreiterung des Ellenbogens bei gebeugtem Arm. Nicht der Muskelwulst der einzelnen Muskeln, sondern die Abhebelung von der knöchernen Unterlage bringt das hervor. Es gibt keinen größeren Gegensatz im Verhalten der Muskeln zum Knochen als etwa die konstante Beziehung des Extensor carpi ulnaris zur Ulna, die durch das osteofibröse Bett des Muskels in allen Stellungen gewährleistet ist, und die stets wechselnde Lage der oberflächlichen radialen Muskeln, besonders des Brachioradialis, zum Radius bei Beugungen im Ellenbogen. Dorsale Muskeln kommen hier, wie bereits früher hervorgehoben wurde (S. 316), in die gleiche Lage zum Ellenbogengelenk wie die ventralen Muskeln; sie üben infolgedessen ganz die gleiche beugende Wirkung wie letztere aus. Zwei Muskeln der radialen Gruppe (die Extensores carpi, Tab. Nr. 21 u. 22) überspringen sowohl das Ellenbogen- wie das Handgelenk; sie wirken auf das eine beugend, auf das andere streckend, weil sie volar vom Ellenbogen und dorsal von der Handwurzel liegen.



Der Name „Extensor" bleibt funktionell richtig für die Bewegungen im Handgelenk, auf welche das Beiwort „carpi" hinweist. Doch ist die Bezeichnungsweise unvollständig, da die „Extensores" carpi sämtlich auch Abduktoren der Hand sind, was im Namen nicht zum Ausdruck kommt.

M. ext. carpi rad. brevis (Tabelle Nr. 21), Abb. 132, 164, 173 bis 175, 178, 180, **182**

Musculus extensor carpi radialis brevis. Der Muskel liegt der ursprünglichen Lage der ganzen Gruppe noch am nächsten. Er schließt dicht an den Extensor digitorum communis an (Abb. 182) und entspringt wie dieser vom Epicondylus lateralis humeri und von der Gelenkkapsel (Abb. 174, 175). Der Muskelbauch zieht in der Richtung auf das mittlere Metakarpale der Hand hin, oberhalb dessen Processus styloides er inseriert. An der Handwurzel liegt er mit der Sehne des folgenden Muskels in einem gemeinsamen Fach und hat hier eine feste Führung (2. Fach, Abb. 182, 208).

Er folgt dem freien Knochenstreifen an der Außenfläche des Radius (Abb. 180); weiter oben liegt er auf dem Supinator und auf der Insertion des Pronator teres. Doch ist die Unterfläche unseres Muskels vom Muskelfleisch des Supinator und des medial angrenzenden gemeinsamen Fingerstreckers durch ein bindegewebiges Septum getrennt. Der Muskel gleitet auf dem osteofibrösen Bett, welches von jenem Septum und dem Radius hergestellt ist, leicht auf und ab, da seine Muskelfasern nicht an der Unterlage entspringen.

Überdeckt ist der Ursprungsteil von dem dachziegelförmig übergreifenden Extensor carpi radialis longus (Tab. Nr. 22). Im übrigen liegt der prismatische Muskelbauch frei unter der oberflächlichen Faszie der Haut. Die Vorwölbung sieht beim Lebenden wetzsteinförmig aus, weil die obere vordere Kante des Muskels nicht zu sehen ist (Abb. 182). Diese charakteristische Figur liegt außen in der oberen Hälfte des Vorderarmes.

Der Muskelbauch hat eine Rinne, in welche der Extensor c. rad. longus hineinpaßt. Im mittleren Drittel des Vorderarmes geht das Muskelfleisch in die kräftige Sehne über, die aber äußerlich nicht sichtbar bleibt, weil der Abductor pollicis longus und Extensor pollicis brevis schräg über sie und die mit ihr vergesellschaftete Sehne des Extensor carpi radialis longus hinweg ziehen (Abb. 180). Die beiden Extensores carpi liegen unter dem Muskelfleisch der langen Daumenmuskeln frei verschieblich wie in einem Tunnel. Am Handrücken werden beide Sehnen von der Sehne des Extensor pollicis longus gekreuzt; die Sehne des Extensor c. rad. brevis wird an der Insertion von der Indexsehne des Extensor digit. communis berührt.

Wirkung auf das Handgelenk

Da der Muskel nicht weit von der Mitte der Hand angreift (Abb. 172 rot gestrichelte Linie, vgl. Lage zum Drehpunkt der Hand), so hat er eine schwache radial abduzierende Komponente. Dafür hat er einen um so größeren Einfluß auf jeden Grad von Dorsalflexion im Handgelenk (Abb. 200c). Er ist nach den langen Fingerstreckern der kräftigste Muskel dieser Art und übertrifft die beiden anderen Extensores carpi, vor allem den Extensor carpi ulnaris, dessen geringe flektierende Wirkung geradezu von ihm ergänzt wird. Außer für extreme Grade kann der Muskel für sich allein die Hand genügend dorsal flektieren. Für die Volarflexion im Ellenbogen kommt er nur wenig in Betracht.

Innervation: Der Nervenast aus dem Stamm des N. radialis tritt hoch oben an die Vorderkante des Muskels und läuft dieser entlang. Segmentale Nerven: (C 5), C 6, C 7. Blutzufuhr: A. collateralis radialis aus A. profunda brachii, A. recurrens aus A. radialis (weiter distal akzessorische Muskeläste aus A. radialis). Schleimbeutel: Eine Bursa liegt in 10% der Fälle zwischen dem Muskelbauch und dem darunterliegenden Supinator. An der Insertion liegt fast regelmäßig ein kleiner Schleimbeutel zwischen der Sehne und dem Griffelfortsatz des Metakarpale III.

M. ext. carpi rad. longus (Tabelle Nr. 22), Abb. 132, 164, 173 bis 175, 178, 180, **182**

Musculus extensor carpi radialis longus. Er überdeckt mit seinem Muskelbauch teilweise den vorhergehenden Muskel und reicht am äußeren Humerusrand und Septum intermusculare laterale 3—4 cm hoch über den Epicondylus lateralis humeri hinauf; sein Vorderrand wird dachziegelförmig vom Brachioradialis überlagert (Abb. 182). Im wesentlichen liegt der Muskelbauch oberflächlich und tritt im Hautrelief wie ein spitzer, distalwärts gerichteter Keil zutage (Abb. 132).



Die charakteristische Figur fließt oft mit der Wölbung des Brachioradialis zusammen. Sie liegt immer höher am Arm als der Vorsprung des Extensor carpi radialis brevis. Sie überhöht vorn den Epicondylus lateralis humeri. Das Grübchen, in welchem der Knochenvorsprung versenkt liegt, ist deshalb nur an der Hinterseite des Armes zu sehen (Abb. 171).

Der Muskel bedingt bei ruhig herabhängendem, halb proniertem Arm die Vorwölbung des vorderen Konturs in der Höhe des Ellenbogens, an welche distal der gerade Kontur der Sehnen anschließt (Abb. 132). Der konvexe Teil der Konturlinie zielt in seinem Auslauf in der Mitte des Vorderarmes auf das Metakarpale II, an dessen Basis der Extensor carpi radialis longus inseriert (Abb. 175); er richtet sich wie immer streng nach dem inneren Gefüge des Bewegungsapparates. Verlauf und Richtung des Muskels ist für den Kundigen von der Konturlinie ablesbar.

Die Sehne geht aus dem Muskelbauch bereits höher (Grenze zwischen oberem und mittlerem Drittel) als beim Extensor carpi radialis brevis hervor. Sie liegt in einer Rinne des Muskelfleisches des letzteren eingebettet und steht mit der Sehne des Brevis manchmal durch sehnige Züge in Verbindung. Der weitere Verlauf durch den Muskeltunnel der langen Daumenmuskeln und an der Handwurzel ist der gleiche wie beim Extensor carpi radialis brevis (Abb. 180, 208).

Der Muskel beugt im Ellenbogen (Ventralflexion). Er versieht kräftig die radiale Abduktion und dorsale Flexion im Handgelenk (Abb. 200 c). Achtet man auf die Antagonisten, so fällt auf, daß die langen Fingerbeuger (und der Flex. carpi uln.) das Handgelenk in entgegengesetzter Richtung bewegen. Die antagonistischen Muskelgruppen arbeiten gemeinschaftlich beim Faustschluß. Wir stellen dabei instinktiv die Hand in Dorsalflexion, damit die langen Fingerbeuger ihre maximale Kraft entfalten und die Finger energisch zusammenkrümmen können. Um die abduzierende Komponente auszuschalten, welche die Hand automatisch ulnarwärts bewegen müßte, sobald sich die langen Fingerbeuger kontrahieren, werden die Extensores carpi radiales gerade so stark angespannt, wie nötig ist. Man fühlt die Kontraktion beim Betasten ihrer Sehnen an der geballten Faust, Man nennt die beiden Muskeln deshalb „Faustschlußhelfer"; eine ihrer wichtigsten Tätigkeiten ist damit bezeichnet. **Wirkung auf Ellenbogen- und Handgelenk**

Ihre Arbeit läßt sich für jeden vorkommenden Fall genau dosieren (wie etwa beim störenden Eingreifen der passiven Abduktion, wenn man einen Eimer trägt). Ein einzelner Muskel würde nicht so sparsam und sicher arbeiten. Nur diese beiden Spezialisten sind am Handgelenk verdoppelt (Abb. 172).

Innervation: Ein Ast aus dem Stamm des N. radialis tritt oberhalb des Ellenbogens in den vorderen Muskelrand. Segmentale Nerven: (C 5), C 6, C 7. Blutzufuhr wie beim vorigen. Schleimbeutel: Zwischen Muskel und Humerus oder M. supinator kommt ein Schleimbeutel vor (selten).

Musculus brachioradialis. Der Muskel geht nicht wie die Extensores carpi radiales zur Hand, sondern er inseriert am Unterarm (Abb. 175). Er folgt ventralwärts auf den vorhergehenden, dessen vorderen Rand er überdeckt. Er schiebt sich an der Außenseite des Humerus und auf dem Septum laterale bis an die Rinne des Nervus radialis hinauf (etwa 10 cm hoch über den Epicondylus lateralis, Abb. 128). Manchmal hängt der Ursprung sogar mit dem Deltamuskel zusammen. **M. brachioradialis (Tabelle Nr. 23), Abb. 128, 129, 164, 173 bis 175, 178, 182**

Am Septum intermusculare laterale liegt er unten dem Caput mediale des Trizeps und weiter proximal dessen Caput laterale gegenüber. Der vorderste Rand des Muskels macht sich beim Lebenden besonders bemerkbar, weil er die Haut der Ellenbeuge als kantige Leiste vordrängt, z. B. wenn ein Gewicht mit der Hand gehoben wird (Abb. 164). Aber auch sonst liegt der Muskel ganz oberflächlich bis zur Überkreuzung durch die langen Daumenmuskeln (Abb. 173). Der Muskeltunnel unter dem Abductor pollicis longus und Extensor pollicis brevis (Abb. 180) umfaßt auch den Brachioradialis.

Die Profilierung des Brachioradialis ist ähnlich kompliziert wie beim Sartorius des Oberschenkels. In beiden Fällen handelt es sich um lange riemenförmige Muskeln, die auf einer muskulösen Unterlage ruhen, und welche nach der Form des Muskelbettes ihre eigene Lage richten. Die Außenfläche des Brachioradialis steht am Oberarm in der Sagittalebene, wendet sich in der Ellen- **Verwindung der Oberfläche**



beuge in die Frontalebene und erreicht in dieser Lage am Vorderarm die Außenkante des Flexor carpi radialis (Abb. 178). Gegen die Insertion zu kehrt die Vorderfläche in die Sagittalebene zurück. Die Sehne geht bereits im mittleren Drittel des Unterarmes aus dem Muskelfleisch hervor.

Bei Pronation des Unterarmes wird er durch die spiralige Drehung der oberflächlichen radialen Gruppe am weitesten ventralwärts verschoben. Denn die Insertionspunkte der Muskeln der ganzen Gruppe werden gegen die Ursprungspunkte bis zu 180 Grad gedreht, da der Brachioradialis durch die Insertion am Radius unmittelbar mit diesem geht (Abb. 172b, vgl. das untere Radiusende), und da die Extensores carpi radiales durch die Hand, welche dem Radius angeheftet ist, mittelbar mitgenommen werden (rote Linie für Ext. c. rad. long.). Der Brachioradialis ist deshalb bei Pronation am stärksten von den Muskeln seiner Gruppe um den Unterarm herumgewunden und in der Ansicht von außen und hinten nicht zu sehen (Abb. 183). In jeder Stellung kann er in den Extensores carpi radiales, je nachdem sie kontrahiert sind, ein Hypomochlion finden.

Flexion im Ellenbogen, Bedeutung für Pronation (und Supination)

Der Muskel ist eingelenkig; er ist nächst dem Bizeps und Brachialis ein kräftiger und wirklich bedeutungsvoller Beuger für das Ellenbogengelenk. Die anderen Vorderarmmuskeln, welche am Humerus entspringen (Flexores und Extensores!), haben nur ein geringes Moment für diese Bewegung; selbst der Pronator teres und Extensor carpi radialis longus kommen dem Brachioradialis nicht nahe. Seine größte beugende Kraft entfaltet er in Pronationsstellung des Armes. Er kann nur ganz wenig supinieren (20 Grad) und nur, wenn die Ausgangsstellung extreme Pronation ist. Dagegen proniert er nicht unbedeutend, (je nach der Beugung im Ellenbogen bis zu 100 Grad). Dies tritt besonders hervor bei Lähmung der Flexoren.

Alle seine Wirkungen werden durch die Muskelunterlage, welche er als Hypomochlion benutzen kann, unterstützt, weil durch sie die Sehne des Muskels auf den Insertionspunkt am Radius schräg von innen nach außen gerichtet wird und ein größeres Moment gewinnt.

Der alte Name Supinator longus paßt auf den Muskel am wenigsten. Ein wirklich langer Supinator ist der Biceps brachii.

Marke für Nerven und Gefäße

Der vordere Rand des Muskels ist eine wichtige Marke. Am Ursprung gelangt man von hier in die tief eingeschnittene Rinne des Brachialis (Abb. 180), in welche sich der Brachioradialis keilförmig hineinlegt. Hier findet man in der Tiefe zwischen beiden Muskeln den Stamm des Nervus radialis mit kleineren Begleitgefäßen. Sehr häufig sind die Muskeln an dieser Stelle verwachsen, weil der laterale Teil des Brachialis aus der gleichen Anlage stammen und gleich innerviert sein kann wie der Brachioradialis. Indem man auf den Nervenstamm eindringt, stellt man in solchen Fällen eine künstliche Grenze her.

In der Ellenbeuge läuft der Vorderrand spitzwinklig mit dem zugewendeten Rand des Pronator teres zusammen und begrenzt mit ihm die Fossa cubiti (S. 347). Der Nervus radialis liegt an dieser Stelle zwischen dem Brachioradialis und der Sehne des Bizeps, die in der Längsrichtung die dreieckige Fossa cubiti halbiert und in eine ulnare und radiale Grube trennt. Der Außenrand der Bizepssehne wird am besten benutzt, um von hier aus in die laterale Grube und auf den Nervenstamm vorzudringen.

Distal von der Ellenbeuge folgt dem vorderen Rand des Brachioradialis eine Rinne im Muskel, welche je nach der Pro- oder Supinationsstellung mehr oder minder vom Muskelfleisch zugedeckt wird. In ihr liegt die Arteria radialis mit ihren Begleitvenen und dem sensiblen R. superficialis n. radialis (Abb. 165b). Gefäß und Nerv sind durch die Faszie des Muskels voneinander getrennt, denn die Arterie liegt außerhalb, der Nerv innerhalb der Faszie. Die Arterie folgt dem Vorderrand des Muskels bis zur Handwurzel (Puls an letzterer S. 356). Es gibt einen Druckpunkt des genannten Nervs an der Grenze zwischen mittlerem und unterem Drittel des Radius am dorsalen Rand der Sehne des Brachioradialis auf dem Knochenrand (Lähmung z. B. durch Belastung des Unterarmes mit dem Kopf im Schlafen, Injektionsstelle bei Lokalanästhesie).

Innervation: Ein oder mehrere Äste des Hauptstammes des N. radialis gelangen oberhalb des Ellenbogens an die Unterfläche des Muskels und liegen hier relativ lang extramuskulär, ehe sie in das Muskelfleisch eindringen. Segmentale Nerven: C 5, C 6. Blutzufuhr: Die Aa. collateralis et recurrens radialis, welche die oberflächliche radiale Muskelgruppe versorgen (siehe Tab. Nr. 21, 22), liegen auf

der Unterfläche des Brachioradialis neben dem Stamm des N. radialis und anastomosieren dort miteinander (Kollateralbahn für die A. brachialis). Akzessorische Muskeläste aus A. radialis. Schleimbeutel: An der Insertion liegt ein Schleimbeutel zwischen der Sehne und den sie überkreuzenden langen Daumenmuskeln, aber nicht zwischen Sehne und Knochen. Varietäten: Der Muskel kann fehlen oder am Ursprung außer mit dem Deltoides und Brachialis (siehe oben) auch mit dem Pronator teres oder Supinator zusammenhängen. Aberration der Insertion an die Metakarpalia und selbst an die Ulna kommen vor.

l) Die Gruppenfaszie des Unterarmes und die Sehnenfächer der Handwurzel.

Fascia antebrachii

Die gesamten Vorderarmmuskeln werden von einer einheitlichen oberflächlichen Faszie eingehüllt, Fascia antebrachii. Die Zusammensetzung aus zwei getrennten Logen wie am Oberarm, die durch die beiden Septa intermuscularia deutlich geschieden sind, ist am Unterarm verwischt. Schon die Trennung am Oberarm ist nicht rein auf die ursprüngliche Zusammensetzung aus dorsalen und ventralen Muskeln beziehbar. Denn die radiale oberflächliche Gruppe der dorsalen Unterarmmuskeln, insbesondere der Brachioradialis und Extensor carpi radialis longus liegen ventral vom jetzigen Septum laterale des Oberarms (Abb. 128, 129, 182). Das Septum zwischen Brachialis und Brachioradialis dagegen, die eigentliche Grenze der ventralen und dorsalen Muskeln, ist außerordentlich dünn und unansehnlich.

Beim Unterarm haben sich zahlreiche, bei den Muskeln bereits beschriebene Septen zwischen den einzelnen Muskeln oder zwischen kleineren Gruppen von Muskeln gebildet, die besonders an der Hinterseite wie feine weiße Streifen durch die oberflächliche Faszie hindurchschimmern. Keines von ihnen ist so ausgeprägt, daß es vor den anderen besonders zur Geltung käme. Die Emanzipation der einzelnen Komponenten, die ihre besondere Führung durch ein eigenes Faszienbett erreicht haben, hat also zu einer Auflösung der ursprünglichen scharfen Sonderung in eine einzige dorsale und ventrale Loge geführt. Nur an einer Stelle ist die Faszienscheide scharf. Die dorsale Kante der Ulna dient ihrer ganzen Länge nach als Anheftung der oberflächlichen Faszie. Sie ist hier aponeurotisch, weil nach der einen Seite die Fasern des Extensor carpi ulnaris, nach der anderen die des Flexor c. uln. von ihr Ursprung nehmen. Hier ist also die dorsale und ventrale Muskulatur noch deutlich in zwei Logen geschieden. Die Grenze am Vorderrand des Brachioradialis gegen den Flexor carpi radialis, die eigentliche Scheide zwischen dorsalen und ventralen Muskeln am ursprünglichen lateralen Rand des Unterarmes, ist ebensowenig ausgeprägt wie am distalen Ende des Oberarmes.

Die Knochen liegen zur Fascia antebrachii exzentrisch, nicht ungefähr zentrisch wie der Humerus zur Oberarmfaszie (Abb. 165a, b). Auf jedem beliebigen Querschnitt durch den Unterarm liegen Radius und Ulna der Hinterfläche näher als der Vorderfläche, weil das Volumen der Muskeln auf der Vorderseite größer ist gegenüber denen auf der Rückseite. Man benutzt diese Situation bei der Faradisation des M. pronator quadratus (S. 339).

Die dorsale Kante der Ulna ist überall mit der Faszie verbunden und durch die Haut zu fühlen. Der Radius berührt die Faszie nur durch Vermittlung von Muskelinterstitien, und zwar auch nur an seinen proximalen und distalen Enden, die unvollkommen durch die Haut zu fühlen und zu sehen sind (Abb. 132). Sonst liegt er völlig eingehüllt in Muskeln von der Oberflächenfaszie getrennt.

Die Fasern der Fascia antebrachii verlaufen im allgemeinen ringförmig; sie stehen senkrecht zur Längsachse des Unterarmes. Sie sind derb und kräftig, besonders im distalen Drittel, wo die angrenzenden oberflächlichen Muskeln sehnig werden. Im proximalen Teil der Faszie strahlen vom Biceps brachii der Lacertus fibrosus (Abb. 178) und von der Sehne des Trizeps ähnliche Sehnenbündel in sie ein; außerdem haben die meisten oberflächlichen Flexoren und Extensoren aponeurotische Ursprünge, welche die tiefen Teile der Faszie in sehnige Züge umgewandelt

haben. Diese verlaufen schräg oder parallel zur Längsachse des Unterarmes, also gerade entgegengesetzt wie die eigentlichen Ringfasern.

Fascia und Fossa cubiti

Fascia cubiti heißt in der Ellenbeuge der Übergang zwischen Oberarm- und Unterarmfaszie, der nach beiden Seiten kontinuierlich vor sich geht. Die Sehne des Bizeps mit dem darunter liegenden Muskelbauch des Brachialis drängt sich als Längswulst vor und teilt die Ellenbeuge, Fossa cubiti, in zwei seitliche Rinnen: Sulcus cubitalis lateralis und Sulcus cubitalis medialis. Die erstere ist nach dem Vorderarm zu vom Wulst des Brachioradialis, die letztere vom Wulst des Pronator teres begrenzt. Beide Muskelwülste laufen V-förmig zusammen; der genannte Längswulst zielt auf die Spitze der Figur (Abb. 178).

Über den Inhalt der Fossa cubiti und der Rinnen zu beiden Seiten der Bizepssehne siehe bei den genannten Muskeln (S. 347 und 368).

Ligamentum carpi transversum und Canalis carpi

An der Handwurzel geht die Vorderarmfaszie in die Faszie der Hand über. An dieser gefährdetsten Stelle ist sie durch straffe fibröse Züge verstärkt, welche in der mannigfachsten Weise mit den Knochen in Verbindung treten und die Sehnen in osteofibrösen Kanälen führen und schützen. Die Volar- und Dorsalseite verhalten sich verschieden.

Volar ist aus dem tiefen Blatt der Faszie das Ligamentum carpi transversum gesondert (Abb. 185, 177), welches quer von den lateralen zu den medialen Vorsprüngen der beiden Karpalreihen verläuft, Eminentia carpi radialis und ulnaris.

Die Eminentia c. radialis besteht aus der Tuberositas ossis navicularis und Tub. ossis multanguli majoris. Die Eminentia carpi medialis setzt sich aus dem Os pisiforme und dem Hamulus ossis hamati zusammen. Die Knochenvorsprünge sind am Lebenden leicht zu beiden Seiten der Handwurzel abzutasten (Abb. 187). Nach ihnen kann man die Lage des Lig. carpi transv. bestimmen. Dieses Band schließt die Halbrinne der vereinigten Karpalknochen zu einer einheitlichen osteofibrösen Röhre ab, welche nur nach dem Unterarm und nach der Hand zu offen ist: Canalis carpi (Abb. 199).

Ligamentum carpi commune (volare et dorsale)

Das oberflächliche volare Blatt ist mit der Fascia antebrachii im Zusammenhang, ist aber durch sehnige Ausstrahlungen des M. flexor carpi ulnaris verstärkt und wird als besonderes Ligamentum carpi volare bezeichnet (Abb. 178). Es geht distalwärts in die Faszie der Vola über.

Die Sehne des M. palmaris longus ist, falls der Muskel nicht fehlt, ein gutes Unterscheidungsmerkmal zwischen Lig. carpi volare und Lig. carpi transversum: sie liegt zwischen beiden (ebenso der Nervus ulnaris und die Arteria ulnaris mit Begleitvenen). Die Palmarissehne geht in die Handfaszie über, die als Ausstrahlung der Endsehne betrachtet werden kann, Aponeurosis palmaris (S. 436).

Dorsal ist an der Handwurzel nur ein Faszienstreifen als Verstärkungsband ausgebildet, welcher mehrere, nebeneinander geordnete osteofibröse Fächer überdeckt. Es schließt an das Ligamentum carpi volare an und wird Ligamentum carpi dorsale genannt (Abb. 182); beide zusammen heißen Ligamentum carpi commune. Das Band im ganzen schützt die Handwurzel wie das Lederarmband der Arbeiter.

Allgemeines über die Sehnenscheiden

Die Sehnenscheiden der Handwurzel, Vaginae tendinum, sind Doppelröhren aus dünnen Membranen, welche nach dem Innern der Scheide zu mit Plattenepithel ausgekleidet sind. Die innere Röhre ist mit der Sehne verwachsen, ist aber unter Umständen ganz frei verschieblich gegen die äußere Röhre. Eine Spur von Synovialflüssigkeit erleichtert das Glitschen beider gegeneinander. Die Sehne gleitet mittels dieses Apparates ohne Reibung an den Nachbarknochen, -bändern und -sehnen leicht hin und her.

Da die Hand im Handgelenk relativ starke Exkursionen macht, so sind die Sehnenscheiden lang; die Kanten der Knochenenden schleifen nie auf den



nackten Sehnen. Das Lig. carpi transv. ist relativ schmal; ein breites Verstärkungsband würde die Freiheit der Bewegung hindern.

Das innere Blatt der Scheide geht immer am proximalen und distalen Ende der Sehnenscheide in das äußere Blatt über. Bei einer intakten Sehnenscheide kann nie der Inhalt durch diesen beiderseitigen Verschluß durchsickern. Wohl sind feinste Kommunikationen mit benachbarten Lymphgefäßen vorhanden; wir wissen, daß infektiöses Material aus Sehnenscheiden rasch verschwinden kann, was auf jene Spalten bezogen wird.

Innerhalb der Sehnenscheiden sind Verbindungen zwischen dem äußeren und inneren Blatt nicht selten (Mesotenon, S. 75). Sie gehen von der Hinter- oder Vorder- oder einer der Seitenflächen an die Sehne heran. Sie sind membran- oder strangartig und enthalten feine Blutgefäße für die Ernährung der Sehnen.

Pathologische Erweichungen der Sehnenscheidenwand, sog. tendinöse Ganglien oder „Überbeine“, sind nicht selten (siehe S. 393).

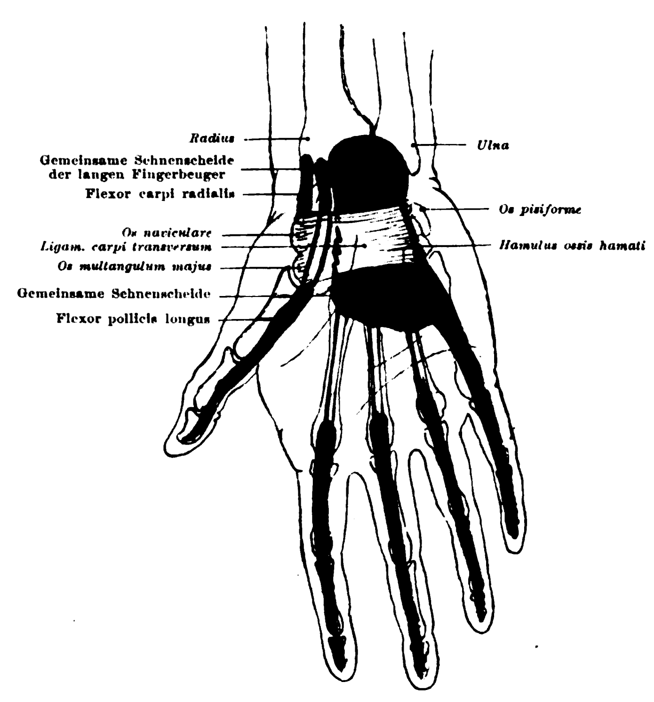


Abb. 185. **Sehnenscheiden der Hohlhand** (aus **Treves-Keith**, Chirurg. Anatomie, deutsch von **A. Mülberger**).

Volar gibt es im eigentlichen Canalis carpi zwei große, nebeneinander liegende Sehnenscheiden für die langen Fingerbeuger (Abb. 185). Eine dritte tiefe kürzere für die Sehne des Flexor carpi radialis liegt separat in einer Knochenfurche, die ligamentös gegen den Kanal abgegrenzt ist (Abb. 199). Die Sehne des Flexor pollicis longus hat ihre eigene Sehnenscheide, welche distal bis zur Nagelphalanx des Daumens, proximal bis zum Muskelfleisch des Flexor reicht (Gesamtlänge 12—14 cm). Ähnlich ausgedehnt ist die Sehnenscheide für den Kleinfinger, welche aber zwei Sehnen (Flexor sublimis et profundus) umfaßt, und welcher außerdem im Handwurzelteil kurze Sehnenscheiden für die oberflächlichen und tiefen Sehnen des 4.—2. Fingers angeschlossen sind. Letztere reichen nur bis zur Mitte der Hohlhand: karpale Sehnenscheiden; sie sind gegen die Sehnenscheiden der drei mittleren Finger durch die Mm. lumbricales ge- **Die Sehnenscheiden der Hohlhand**

trennt. Die Sehnenscheiden der Finger, **Digitalscheiden**, und ihre Verstärkungen werden bei der Hand näher beschrieben werden.

Mm. lumbricales trennen die karpalen und digitalen Scheiden

Alle Digitalscheiden legen sich beim Embryo isoliert an. Diejenige des Daumens verschmilzt mit den karpalen Sehnenscheiden, weil keine Muskeln im Wege sind wie die Mm. lumbricales bei den übrigen Fingern (siehe kurze Handmuskeln). Die Muskelchen entspringen von den Sehnen des Flexor digitorum profundus (Abb. 176). Ihre Befestigung an der Dorsalaponeurose der Finger und ihre charakteristische Wirkung ist nur aufrecht zu erhalten, wenn ihnen genügende Bewegungsfreiheit bleibt. Der Zwischenraum zwischen den digitalen und karpalen Sehnenscheiden vergrößert sich daher entsprechend dem Längenwachstum der Metakarpalknochen. Auch am Kleinfinger bleibt häufig die Verbindung der karpalen und digitalen Sehnenscheide aus; seine Digitalscheide verhält sich dann beim Erwachsenen gerade so wie beim 2.—4. Finger.

Von den beiden gewöhnlichen Sehnenscheiden der langen Fingermuskeln des Canalis carpi (Abb. 185) enthält die radiale nur eine Sehne, die ulnare deren acht; es kommt manchmal noch eine dritte Sehnenscheide für die Fingerbeuger vor, wenn nämlich die karpale Scheide für eine oder für beide Indexsehnen von der gemeinsamen ulnaren Scheide für die dreigliedrigen Finger getrennt bleibt (Abb. 186, Verbindung der Indexscheiden mit der großen ulnaren Scheide schraffiert). Außerdem gibt es Varianten in eingeschobenen akzessorischen Scheiden, die vor oder hinter den Indexsehnen liegen und nicht selten sowohl mit der großen ulnaren wie mit der radialen Sehnenscheide kommunizieren. Durch solche Verbindungen werden Entzündungen vom Daumen zum Kleinfinger schnell weiter geleitet.

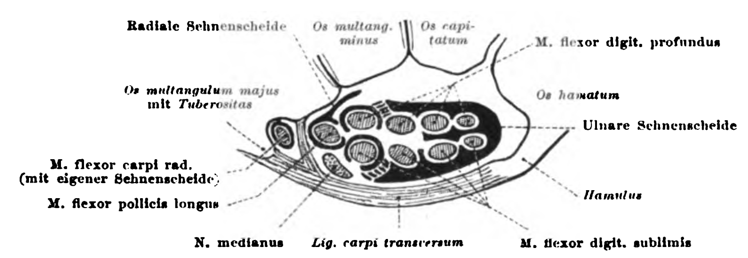


Abb. 186. **Querschnitt durch den Canalis carpi**, halbschematisch. Die Spalträume der Sehnenscheiden schwarz (nach Cunningham, Manual of pract. anatomy, mit Veränderungen).

Zusammenhang der randständigen karpalen u. digitalen Scheiden

Für die Kontinuität der Sehnenscheiden an den Randfingern der Hand (Daumen, Kleinfinger, Abb. 185) sind die Beobachtungen über tiefe Zellgewebsentzündungen ein Beweis. Sie kommen besonders infolge von Infektionen an den Fingerkuppen vor (Panaritium der Dienstmädchen nach meist unscheinbaren Verletzungen beim Schruppen). Der Prozeß schreitet nach altbekannten ärztlichen Erfahrungen an den Randfingern häufig bis in den Canalis carpi und in die Nähe des Handgelenkes fort. Bei den drei anderen Fingern ist das ungewöhnlich; die Zwischenräume zwischen den digitalen und karpalen Sehnenscheiden bei diesen halten ihn auf (Länge 0,75—1,25 cm).

Bei Volar- und Dorsalflexionen der Hand und der Finger verschieben sich die Sehnenscheiden im Canalis carpi mit. Sie reichen entsprechend weiter oder weniger weit am Unterarm proximalwärts und in der Hohlhand distalwärts. Bei gestreckten Fingern endet z. B. die Ausbuchtung der ulnaren Sehnenscheide für den Ringfinger 4—6 cm jenseits des distalen Randes des Lig. carpi transversum. bei gebeugten Fingern und bei Volarflexion der Hand überschreitet sie den Rand des Bandes kaum. Entsprechend hoch endet sie in letzterer Stellung am Unterarm. Entzündungen werden auf diese Weise durch Bewegungen transportiert und Durchbrüche in entferntere Gegenden begünstigt; man kann deshalb der Ausbreitung von Infektionen durch fixierende Verbände entgegenarbeiten.

Nachbarschaft des N. medianus

Zwischen dem Lig. carpi transversum und den beiden Sehnenscheiden für die langen Fingerbeuger (an der gemeinsamen Grenze der letzteren) liegt der Nervus medianus (Abb. 186) und gelegentlich neben ihm ein Gefäß (Art. mediana oder dergleichen; siehe die Gefäßanomalien der Vorderarmarterien). Die Spannung innerhalb des Canalis carpi kann bei entzündlichen Prozessen der Sehnenscheiden sehr groß werden, weil das straffe Lig. carpi transversum nicht nachgibt, selbst nicht unter dem Druck starker Phlegmonen. Der Nerv wird vielmehr in solchen Fällen gegen das Band gedrückt und geschädigt. Den Nervus ulnaris und die großen Arterien



kann das nicht treffen, da sie außerhalb des Canalis carpi liegen. Durchbrüche von Ergüssen in die benachbarten Muskelzwischenräume z. B. längs den Mm. lumbricales und den tiefen Unterarmmuskeln kommen nicht selten vor. Ähnlich platzen bei künstlichen Injektionen die Wände leicht. Pathologische Durchbrüche spielen für die Fortleitung der gefürchteten tiefen Eiterungen der Hand eine große Rolle (tiefe Phlegmonen).

Unter dem Lig. carpi dorsale gibt es sechs Sehnenfächer. Es sind osteofibröse Kanäle, welche aus Rinnen im Knochen (Abb. 179, 197, 208) und aus bindegewebigen Septen bestehen; das gemeinsame Dach ist das Lig. carpi dorsale (Abb. 182), an welches die Septen fest anschließen. In jedem Kanal liegt — ganz anders wie beim volaren Canalis carpi — nur je eine Sehnenscheide (Abb. 208). Es sind im allgemeinen sechs getrennte Scheiden vorhanden, doch kommunizieren sehr häufig die 2. u. 3. Scheide an ihrer Überkreuzung miteinander. Manche Scheiden enthalten nur eine Sehne, manche zwei oder mehr. Die Scheiden der langen Fingermuskeln reichen distalwärts über den Rand des Lig. carpi dorsale hinaus bis auf die Metakarpalknochen, diejenigen der Extensores carpi naturgemäß nur bis auf die distale Karpalreihe. Am längsten sind die Scheiden des Extensor pollicis brevis und Extensor digit. V. proprius. Proximal reichen Aussackungen der Scheiden oft bis zum Muskelfleisch der Extensoren. **Die sechs dorsalen Sehnenfächer**

Die sechs Fächer enthalten folgende Sehnen (Abb. 180, 182, 208), 1. Fach: Abductor pollicis longus und Extensor pollicis brevis. 2. Fach: Extensor carpi radialis longus et brevis. 3. Fach: Extensor pollicis longus. 4. Fach: Extensor digitorum communis und Extensor indicis proprius. 5. Fach: Extensor dig. V. proprius. 6. Fach: Extensor carpi ulnaris.

Fach 1—4 liegen in Rinnen des Radius, Fach 5 auf der Kapsel des distalen Radioulnargelenkes zwischen Radius und Ulna, Fach 6 in einer Rinne der Ulna (Abb. 179, 197, 208). Zwischen Fach 5 und dem angrenzenden Handgelenk kann eine Überleitung von Eiterungen stattfinden; eine Kommunikation ist jedoch sehr selten.

Beim Embryo und Neugeborenen sind innerhalb des 2. Faches die Sehnenscheiden für die beiden Extensores carpi radiales getrennt; oft ist auch beim Erwachsenen die Scheidewand noch teilweise, manchmal auch ganz erhalten. Auch die Sehnen im 1. Fach können getrennte Scheiden haben, jedoch nicht die Sehnen im 4. Fach.

Man darf die individuell schwankende Zahl der Sehnenscheiden (5—8) nicht mit der konstanten Zahl der osteofibrösen Kanäle (6) verwechseln. Bei den volaren Sehnen ist es ja die Regel, daß beide Zahlen einander nicht entsprechen. Die Führungen für die dorsalen Muskeln sind auch sonst viel spezialisierter als der volare Canalis carpi, der für die meisten ventralen Muskeln gemeinsam ist. Dem entspricht die starke Entwicklung der fibrösen Scheidewände zwischen den Muskelbäuchen der Extensoren des Unterarmes, die fast für jeden eine geschlossene Loge bilden.

6. Band- und Gelenkverbindungen der Vorderarmknochen als passive Bewegungsfaktoren (Ellenbogen- und Handwurzelgelenke).

a) Allgemeines.

Die Elle und Speiche sind gegen den Humerus, gegeneinander und gegen den Karpus der Hand beweglich. Schon früher wurde beschrieben, daß die beiden Knochen sich gegeneinander um eine Diagonalachse drehen, welche proximal durch das Radiusköpfchen, distal durch das Ulnaköpfchen geht und zwischeninne in der Membrana interossea zu denken ist (Abb. 149a). Die beiden Gelenke zwischen Radius und Ulna, in welchen die Bewegungen um die Diagonalachse stattfinden (Pro- und Supination), werden als Articulatio radioulnaris proximalis und Articulatio radioulnaris distalis unterschieden. Sie sind durch die ganze Länge der beiden Knochen voneinander getrennt. **Die einzelnen Gelenkstellen und ihre Namen**

Das proximale Radioulnargelenk steht anatomisch im Zusammenhang mit dem Gelenk zwischen dem Humerus und den beiden Vorderarmknochen, welches eine ganz andere Achse, Form und Bewegung hat als jenes. Man spricht von einer Articulatio humeroulnaris und Articulatio humeroradialis, je nachdem man die Beziehung des Humerus mit dem einen oder andern der beiden Unterarmknochen und ihre bestimmten Besonderheiten ins Auge faßt. Aber die drei funktionell ganz verschiedenen Gelenke sind räumlich zu einem

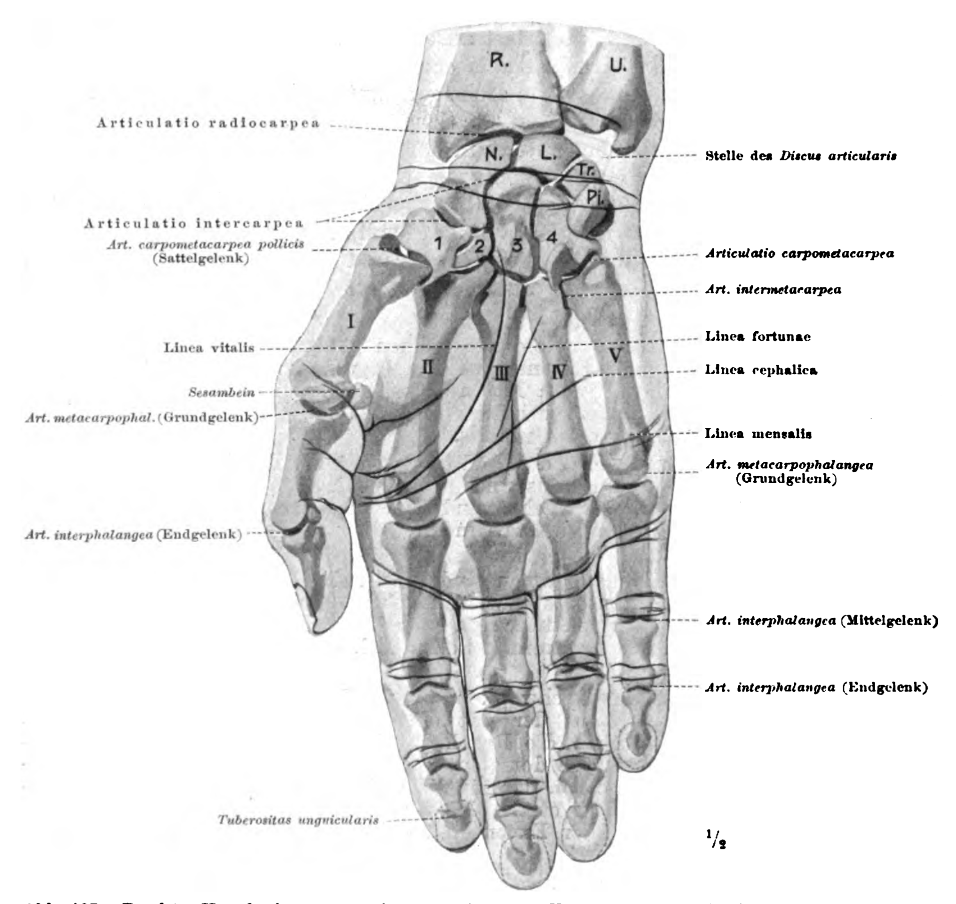


Abb. 187. Rechte Hand eines erwachsenen Mannes, Volarseite. Nach einer Röntgenaufnahme. Hautfalten mit Quecksilber im Röntgenbild sichtbar gemacht. Ergänzt nach einem Abklatschbild der Falten derselben Hand. Die Knochen nicht als Schatten wie im Röntgenbild, sondern nach dem Skelett in natürlicher Stellung plastisch dargestellt, ohne Knorpelbelag. Nägel mit gestrichelten Linien. R. Radius; U. Ulna; N. Navikulare; L. Lunatum; Tr. Triquetrum; Pi. Pisiforme; 1—4 die 4 distalen Karpalia (Multangulum majus, M. minus, Kapitatum, Hamatum), I—V die 5 Metakarpalia. Finger in „Normalstellung".

Gelenk zusammengezogen und haben eine gemeinsame Kapsel und Bandverstärkung. Wir nennen sie im ganzen Ellenbogengelenk, Articulatio cubiti.

Das distale Radioulnargelenk ist dagegen nicht mit dem Handgelenk verschmolzen (über eine gelegentliche Kommunikation wird noch berichtet werden). Hier fallen Trennung im Gebrauch und Trennung der Form und Wandungen zusammen. Die Folge ist, daß die Ulna von der unmittelbaren Verbindung mit der proximalen Karpalreihe durch einen besonderen Zwischen-

knorpel, Discus articularis, ausgeschaltet ist (Abb. 197). Die Hand hängt am Radius, dieser an der Ulna und die Ulna schließlich hängt am Humerus (vgl. Schema Abb. 192b).

Der Radius, welcher die Hand allein trägt, ist mit der proximalen Karpalreihe verbunden in der Articulatio radiocarpea (Abb. 187). Diese einheitliche Gelenkspalte zwischen dem Radius und Discus articularis einerseits und dem Navikulare, Lunatum und Triquetrum andrerseits ist anatomisch ein Gelenk für sich. Ein zweites, gegen das vorige räumlich selbständiges Gelenk der Handwurzel ist die Articulatio intercarpea (Abb. 187, 188). Diese Spalte ist einerseits durch proximale Karpalia (Navikulare, Lunatum und Triquetrum), andrerseits durch die distalen Karpalia (Multangulum majus, M. minus, Kapitatum und Hamatum) begrenzt.

Es gibt noch eine dritte Art von Gelenken der Handwurzel, die Articulationes carpometacarpeae und Aa. intermetacarpeae (Abb. 187), die sogar teilweise mit der Articulatio intercarpea kommunizieren. Trotz des räumlichen Zusammenhanges haben sie mit den Bewegungen der Hand gegen den Unterarm nichts zu tun; das einzige wirklich für umfängliche Bewegungen wichtige Gelenk aus dieser Gruppe ist die selbständige Articulatio carpometacarpea des Daumens, die aber lediglich den Bewegungen dieses Fingers dient. Ich berühre deshalb die ganze Gruppe der Gelenke zwischen Karpus und Metakarpus hier nur kurz; ausführlicher sind sie bei den Fingergelenken zu behandeln.

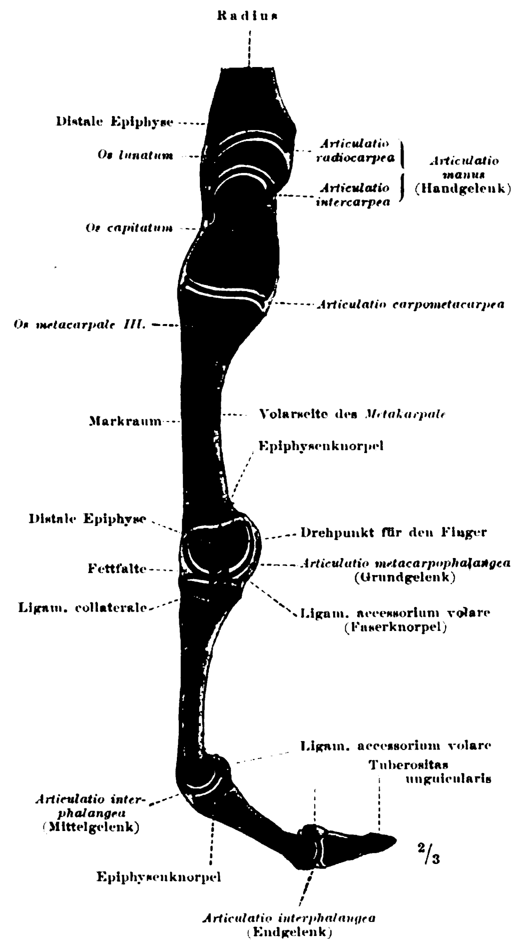


Abb. 188. Sagittalschnitt durch die Hand und den Mittelfinger, 17 Jahre alter Mann (nach Toldt, Atlas; das Lig. collaterale und der Drehpunkt der Grundphalanx schematisch von mir eingetragen).

Das Handgelenk und seine beiden Kammern

Das Radiokarpal- und Interkarpalgelenk sind nur gemeinsam zu betrachten. Beide sind Kammern eines biologisch einheitlichen Gelenkes, des Handgelenkes, Articulatio manus. Die drei proximalen Karpalia, welche — mit Ausnahme einer einzigen Muskelanheftung am Navikulare — frei von allen Ursprüngen oder Insertionen von Muskeln sind (Abb. 174, 175), sitzen in diesem Gelenk als einheitlicher knöcherner Meniskus, dessen Bewegungen von den distalen und proximalen Nachbarknochen reguliert sind. Die proximalen Karpalia stellen sich bei Bewegungen im Handgelenk zwischen jene beiden Knochenreihen entsprechend dem Raum ein, der für sie frei ist (Abb. 188, Os lunatum), wie etwa die Kugeln in dem Kugelgelenk eines Fahrrades.

Man überzeugt sich am besten an der eigenen Hand, daß beispielsweise bei Volarflexionen der Meniskus sowohl gegen den Unterarm wie gegen die übrige Hand, also in der proximalen und in der distalen Gelenkspalte, bewegt wird (nicht im Radiokarpalgelenk allein, wie man früher vielfach irrtümlich glaubte); denn die schöne gebogene Linie des Handrückens (Abb. 214b), wäre gar nicht möglich, wenn es sich um ein einfaches Scharnier handelte. Bei diesem entsteht immer ein deutlich sichtbarer Knick an der Oberfläche (am deutlichsten bei den Fingergelenken).

Durch die Bewegung an zwei nahe benachbarten Stellen sollten zwei Knicke resultieren, die aber durch die Haut zu einer einheitlichen Rundung ausgeglichen sind.

Verschiedenartige Kombinationen räumlicher und funktioneller Verbände

Alle denkbaren Kombinationen von räumlicher (anatomischer) und funktioneller Selbständigkeit oder Abhängigkeit der Gelenke kommen auf dem hier besprochenen, relativ beschränkten Gebiet vor:

1. Gelenke, die verschieden funktionieren und doch anatomisch eins sind; Beispiel: die im Ellenbogengelenk vereinigten Einzelabschnitte (proximales Radioulnargelenk, Humeroradial- und Humeroulnargelenk).

2. Gelenke, welche funktionell und anatomisch selbständig bleiben; Beispiel: das distale Radioulnargelenk.

3. Gelenke, welche anatomisch getrennt, aber funktionell einheitlich sind; Beispiel: Handgelenk (Radiokarpal- und Interkarpalgelenk).

Beteiligung der Pro- und Supinationen an den Handbewegungen

Die genannten vielgestaltigen Beziehungen haben ihren biologischen Zusammenhalt in einer eigentümlichen Verknüpfung, in welcher sie alle miteinander stehen, und die uns veranlassen muß, das Ellenbogengelenk und die Handwurzelgelenke hier zusammen zu behandeln. Um dies einzusehen, gehen wir am besten von Beobachtungen an der eigenen Hand aus. Wir unterschieden Flexionen und Abduktionen des Handgelenks. Man kann mittels dieser Bewegungen die Hand im Handgelenk so im Kreise bewegen, daß ihr distales Ende z. B. der gestreckte Zeigefinger mit seiner Kuppe von innen eine Kugelfläche bestreicht (Bahnkugel oder Globus, Abb. 200; die Bewegung ist flächenläufig). Der Abschnitt innerhalb der Bahnkugel, der durch Bewegungen im Handgelenk bestrichen werden kann (blau), ist durch die spezielle Form und Bandverbindung der beiden Gelenkkammern bestimmt. Außerdem aber können wir willkürlich die Hand um eine beliebige Längsachse drehen, z. B. um die Achse des Zeigefingers, ohne gleichzeitig zu flektieren oder zu abduzieren. Der Laie pflegt diese Bewegung irrtümlich im Handgelenk zu lokalisieren. Wäre dort eine Rotation entsprechend der des Oberarmes im Schultergelenk möglich, so könnte in der Tat die Hand im Handgelenk um ihre Längsachse gedreht werden wie in einem echten Kugelgelenk. Aber für das Handgelenk selbst ist charakteristischerweise eine entsprechende willkürliche Bewegung ganz ausgeschlossen. Die Gründe werden uns später beschäftigen. Die tatsächlich vorhandene Möglichkeit, die Hand willkürlich um irgend eine Längsachse (beliebige Fingerachse) zu drehen, ist lediglich an den Unterarm gebunden. Ohne Pro- und Supination in den beiden Radioulnargelenken ist sie für uns nicht vorhanden!

Sobald die Rotationen der Hand mit Flexionen oder Abduktionen derselben verbunden sind, ist das Handgelenk mitbeteiligt, und zwar in ganz bestimmter, zwangsläufiger Weise. Davon wollen wir vorläufig absehen (siehe dazu S. 423). Hier genügt die einfache Beobachtung am eigenen Körper, welche lehrt, daß regelmäßig Pro- und Supinationen im Unterarm zu Hilfe genommen werden, wenn wir die Hand lediglich um die Längsachse (gleichgültig um welchen Finger) drehen, ohne sie sonst zu flektieren oder zu abduzieren. Man kontrolliert dies an sich, indem man die beiden distalen Enden der Unterarmknochen des Versuchsarmes mit den Fingern der anderen Hand fixiert; jeder Versuch, die reine Rotationsbewegung ohne Beteiligung des Unterarmes zu machen, mißlingt. — Bei Menschen, deren Unterarmknochen miteinander verwachsen sind, eine häufige Folge von Brüchen,

läßt sich wie in einem Experiment feststellen, daß reine Rotationen der Hand willkürlich nicht mehr möglich sind. Dagegen sind wohl gemischte Flexions- und Rotationsbewegungen oder Abduktions- und Rotationsbewegungen (um schräge Achsen im Handgelenk, siehe S. 422) imstande, solchen Kranken die reinen Rotationen bis zu einem gewissen Grade zu ersetzen.

Vermehrung der Freiheit des Hand- und Ellenbogengelenkes um je einen Grad

Der 3. Grad der Freiheit eines Kugelgelenkes, die Rotation, entsteht in unserem Fall durch eine Kombination von Bewegungen, die im distalen Radioulnargelenk und im Ellenbogengelenk ausgeführt werden. Im letzteren kommt für die Bewegungen um die Diagonalachse des Unterarmes speziell das obere Radioulnargelenk in Betracht; wir werden aber sehen, daß auch die Gelenkabschnitte, die zwischen Humerus und Unterarmknochen liegen, fast immer mit in Tätigkeit sind. Der Gelenkkomplex des Unterarmes in seiner Gesamtheit ist es, welcher die Hand in ihren Bewegungen so frei macht, wie sie es tatsächlich ist. Da es darauf ankommt, dies zu verstehen, so fassen wir von vornherein den Gesamtkomplex der Gelenke ins Auge, um bei der Einzelbetrachtung der Knochenverbindungen darauf hinweisen zu können, wie sie in die generelle Aufgabe hineinpassen.

Man kann sagen, daß bei Bewegungen der Hand jeder Zeit beide Radioulnargelenke zum Handgelenk hinzu geschlagen werden können, so daß die Hand sich wie in einem Kugelgelenk bewegt (mit drei Graden der Freiheit). Umgekehrt können aber auch beide Radioulnargelenke zum Ellenbogengelenk hinzugeschlagen werden und hier eine höhere Freiheit erzeugen, als speziell dem Humeroulnargelenk, dem bestimmenden Faktor der Bewegungen im Ellenbogen, zukommt. Ich habe früher schon mehrfach darauf aufmerksam gemacht, daß wir die Pro- und Supinationen am reinsten darstellen, wenn wir im Ellenbogen beugen, in dieser Stellung den Arm festhalten und dann den Unterarm mit der Hand um die Längsachse drehen. Man kann dabei leicht jede Beteiligung in der Schulter und im Humeroulnargelenk ausschalten. Andrerseits kann man im Ellenbogengelenk beugen und strecken (Flexion und Extension) und dabei alle Pro- und Supinationen ausschalten. Dafür, daß beide Tätigkeiten getrennt möglich und getrennt lokalisiert sind, ist dieser Versuch am eigenen Körper jederzeit Beweis genug. Die Flexionen im Ellenbogen erfolgen um eine horizontale Achse (Abb. 149, punktiert); die Diagonalachse für Pro- und Supinationen steht senkrecht dazu (ausgezogene Linie). Wird der Ellenbogen rein flektiert, so beschreibt die Kuppe eines beliebigen gestreckten Fingers wie ein Schreibhebel eine Kreislinie (linienläufig); wird der Unterarm pro- oder supiniert, so dreht sich der gestreckte Finger, in welchen die verlängerte Drehachse fällt mit dem Unterarm um die eigene Achse, also um einen Punkt der Fingerkuppe. Wir können aber beide Bewegungen vereinigen, indem wir beispielsweise mit der Hand die Lehne eines Stuhles umfassen und um den Stuhl herum gehen, ohne die Faust zu lockern (Stellung der Knochen, wie in Abb. 189a, braune Tönung; Drehung um den rot gestrichelten Doppelpfeil, Diagonalachse des Unterarmes). Akrobaten machen die gleiche Armbewegung, wenn sie auf einer Hand aufgestützt den Körper horizontal freischwebend in der Luft um den Unterarm als Achse im Kreise drehen. Je nach dem Grad der Flexion im Ellenbogengelenk wird der Kreis größer oder kleiner (Annäherung von Punkt A an den Äquator B oder an den oberen oder unteren Pol der Kreisbahn der Abbildung; der mit C bezeichnete Kreis, welchen der nach abwärts gerichtete Humerus beschreibt — gestrichelter Kontur —, würde gleich groß sein wie Kreis A). Der Oberarmkopf bestreicht jeden Punkt einer Kugelfläche, die man sich um das Ellenbogengelenk gelegt denkt, mit einem Radius gleich der Länge des Knochens (flächenläufig). Der Körper muß die Bewegung des Humeruskopfes auf dieser Bahnkugel mitmachen. Bewegungen im Schultergelenk und allgemeine Körperbewegungen können dazu kommen und

den Ausschlag steigern oder vermindern. Davon sei aber hier abgesehen. Für uns ist entscheidend die Einsicht, daß die Freiheit des Humeroulnargelenkes, welches an sich nur linienläufig ist, durch die Kombination mit den Radioulnargelenken gesteigert wird; aus einem Grad der Freiheit (linienläufig) sind zwei geworden (flächenläufig).

Die Steigerung ist relativ die gleiche, wie wenn zum Handgelenk Pro- und Supination hinzukommt; die Gesamtbewegung der Hand ist aber um einen Grad größer, weil das Handgelenk für sich allein schon zwei Grade der Freiheit hat.

Solche Kombinationen aus Beugungen im Ellenbogengelenk und Pro- und Supinationen im Unterarm werden von uns instinktiv bei den mannigfachsten Verrichtungen angewendet, sobald die Hand fixiert gehalten wird, z. B. beim Niederdrücken einer Türklinke, Klavierspielen, Geräteturnen usw.

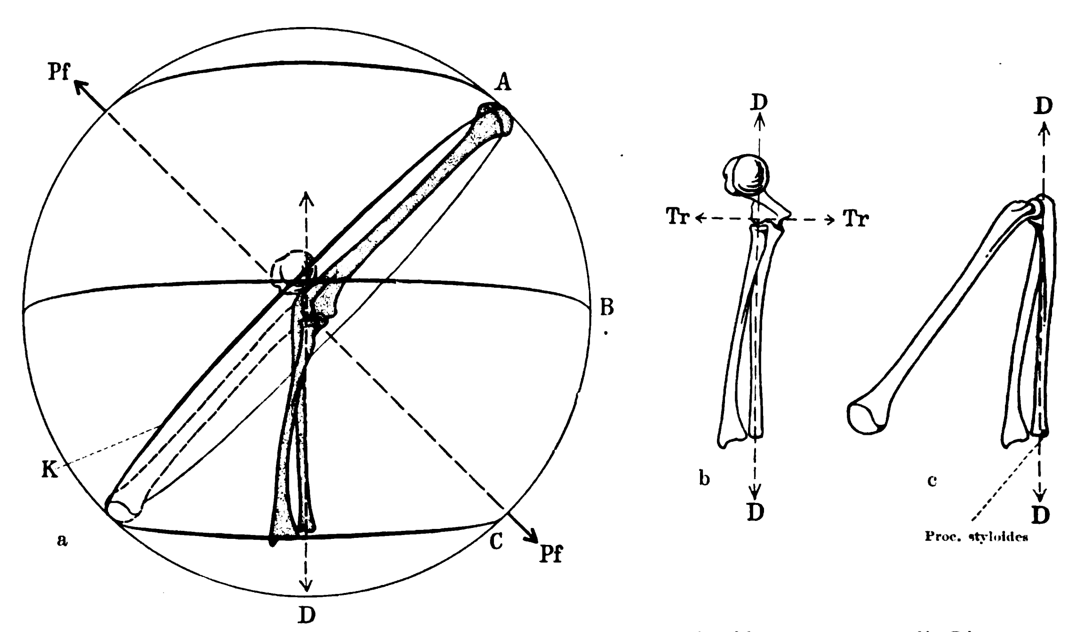


Abb. 189. Kombinationen von Flexionen im Ellenbogen und Drehbewegungen um die Diagonalachse des Unterarmes (Pro-Supinationen). (Mit Benutzung von Figuren aus Fick, Handb. d. Anat. u. Mech. d. Gelenke.) a) Drei verschiedene Stellungen des Humerus, eine getönt, die beiden anderen mit gestrichelten Konturen; die letzteren sind in Abb. b u. c jede für sich gezeichnet. K der Kreisbogen, auf welchem sich der Humeruskopf bewegt, um von einer der drei Stellungen in die andere zu gelangen. Pf—Pf die schräge Achse der Kreisbewegung K. D die Diagonalachse des Unterarmes (rot gestrichelt). Tr die dazu senkrecht stehende Achse des Ellenbogengelenkes (Achse der Trochlea humeri, rot gestrichelt).

Die Muskelanordnung begünstigt die biologisch wichtigen Gelenkkombinationen

Die Muskeln, welche wir geschildert haben, stehen fast alle in unmittelbarer Beziehung zu dem Gesamtkomplex der Gelenke, um welche es sich hier handelt, da sie meistens über mehrere Einzelgelenke hinwegziehen. Darin ist eine der wesentlichsten Ursachen zu erblicken für die Entwicklung der Zusammenarbeit des ganzen Systems, die vom zentralen Nervensystem dirigiert wird. Die Unterarmknochen haben sich ursprünglich überkreuzt, weil durch die Pronation die Fortbewegungen auf dem Boden und die Gewichtsverteilung des Körpers auf die Beine erleichtert wurde (Abb. 152b). Ja, sie sind bei vielen Säugern in der pronierten Stellung verwachsen, also fixiert. Beim Menschen spielt die ursprüngliche Ursache keine Rolle mehr. Aber die bewegliche Verschränkung von Radius und Ulna ist geblieben, weil sie als Mittelglied



zwischen Ellenbogen und Hand eine Fülle neuer Möglichkeiten für die feinere Verwendung der Gliedmaßen in sich trug. Die anfangs nebensächliche oder sogar störende Beweglichkeit ist die Hauptsache geworden und hat erst mit der aufrechten Körperhaltung und ganz besonders beim Menschen ihre volle Ausnutzung gefunden. Die Untersuchung der Band- und Gelenkverbindungen im einzelnen wird uns des näheren lehren, wie der passive Apparat mit dem aktiven harmonisch zusammenpaßt, um steuernd und hemmend die Tätigkeiten der Muskeln der Gesamtaufgabe dienlich zu machen und wie die Muskeln wiederum die im passiven Apparat gegebenen Potenzen aktivieren oder auch unterdrücken.

Die anscheinend unnötig komplizierten Anordnungen der Unterarmmuskeln werden bei dieser Art der Betrachtung als notwendig erkannt. Man könnte z. B. meinen, die Flexionen und Abduktionen im Handgelenk würden viel zweckmäßiger statt durch die vielen dazu bereitgestellten Muskeln nur durch wenige, je einen Flexor und Extensor und je einen radialen und ulnaren Abduktor, bewerkstelligt. Geht man aber von den biologisch wichtigsten Verwendungen der Hand aus, also in der Vierfüßlerstellung vom Tragen des Körpergewichtes auf dem Handteller (Abb. 152b) und in der aufrechten Körperhaltung vom Ergreifen der wichtigsten Werkzeuge mit der Faust (Hammer, Axt, Peitsche), so läßt sich rein rechnerisch zeigen, daß jeder der bestehenden Muskeln an seinem Platz den geforderten Kräften aufs Genaueste entspricht, und daß von der Natur die mechanisch sicherste und sparsamste Lösung für jene Stellungen gefunden ist. Die „Harmonie zwischen geleisteten und geforderten Kräften" (H. v. Recklinghausen) beherrscht Arm und Hand als die vollkommensten Werkzeuge unseres Körpers am vollkommensten.

Eine spezielle Beschreibung der einzelnen Handwurzelknochen erübrigt sich an dieser Stelle. Das für das Verständnis der Gelenke notwendige Detail der Einzelformen wird beim Handgelenk im Zusammenhang mit der Gesamtform des Karpus behandelt; im Anschluß daran wird die Form der Einzelknochen beschrieben werden (S. 401).

b) Articulatio humeroulnaris.

Das Ellenbogengelenk, Articulatio cubiti, umfaßt drei Knochenverbindungen: 1. Articulatio humeroulnaris. 2. Articulatio humeroradialis. 3. Articulatio radioulnaris proximalis. Die erste von ihnen ist die wichtigste für die Flexionen im Ellenbogengelenk. Die Ulna umfaßt die Trochlea humeri wie eine Zange (Abb. 190). Sie greift in die sanduhrförmig eingezogene Rolle (Abb. 191) noch mit einem besonderen Knochenkamm ein (Abb. 193). Abb. 190, 191, 193, 194, 196

Die Führung in diesem Gelenk ist hauptsächlich knöchern. Verstärkungen der Kapsel sind, wie wir noch sehen werden, nicht ohne Belang, aber sie haben nicht entfernt die Wichtigkeit wie bei anderen Gelenken, z. B. bei dem Sternoklavikulargelenk, dessen Bewegungen vorwiegend durch Bandapparate bestimmt sind. Das gleiche gilt für die Muskeln. Im Schultergelenk haben wir den hauptsächlichsten Vertreter eines vorwiegend durch Muskeltätigkeit geführten Gelenkes kennen gelernt. Diesen beiden Kugelgelenktypen gegenüber, deren Festigkeit vorwiegend — aber nicht ausschließlich! — auf Bändern und Muskeln beruht, ist ein Rollengelenk wie das Humeroulnargelenk beschränkter im Umfang der Bewegung, hat aber die größere Stabilität einer starren knöchernen Führung voraus. Sie ist zu vergleichen dem Scharnier eines Kastendeckels. Das Gelenk ist eines der reinsten Scharniergelenke unseres Körpers, Ginglymus. Knöcherne Führung. (Unterschied zur Band- und Muskelführung)

Zertrümmerungen des Knochens lösen natürlich die normale Stabilität der Führung. Die Ulna kann dann leicht von der Rolle abgleiten und isoliert am Humerus in die Höhe steigen. Die Ursache für die Absprengung des Processus coronoideus liegt darin, daß der Stoß bei Fall auf den gebeugten Arm nicht in die Richtung des Humerusschaftes fortgeleitet wird. Viel häufiger wird beim Fallen auf den gestreckten Arm die Zange aus der Rolle herausgehebelt, dadurch daß sich das Olekranon in seiner Grube am Humerus anstemmt. Ulna und Radius verschieben



sich dann nach hinten oder vorn vom Humerus, der Arm ist verkürzt. Lehrreich ist an diesen pathologischen Vorkommnissen, daß trotz der knöchernen Führung die Luxation im Ellenbogengelenk die zweithäufigste Verrenkung von allen Gelenken unseres Körpers ist (18%). Der Knochen hat also weniger die Widerstandskraft als die Exaktheit der Führung vor den anderen Materialien voraus.

Geringe Abweichungen der Führung sind auf das Konto des Knorpelbelages der Gelenkflächen des Humerus und der Ulna zu setzen (bei der Trochlea und bei der Incisura ulnae je $1^1/_2$—2 mm, zusammen bis 4 mm dick). Ein geringes Wackeln durch verschiedene Belastung des Knorpelpolsters zeigt das distale Ende der Ulna wie ein Schreibhebel übertrieben groß an. Die Ausschläge betragen bis zu 2 cm. Sie sind für die Bewegungen des Armes im ganzen nicht unwichtig. Es wird deshalb auf sie in einem späteren Abschnitt näher einzugehen sein.

Am widerstandsfähigsten gegen rohe Kraft sind der Luxationsstatistik nach die Gelenke mit vorwiegender Bandführung (Typus: Sternoklavikulargelenk).

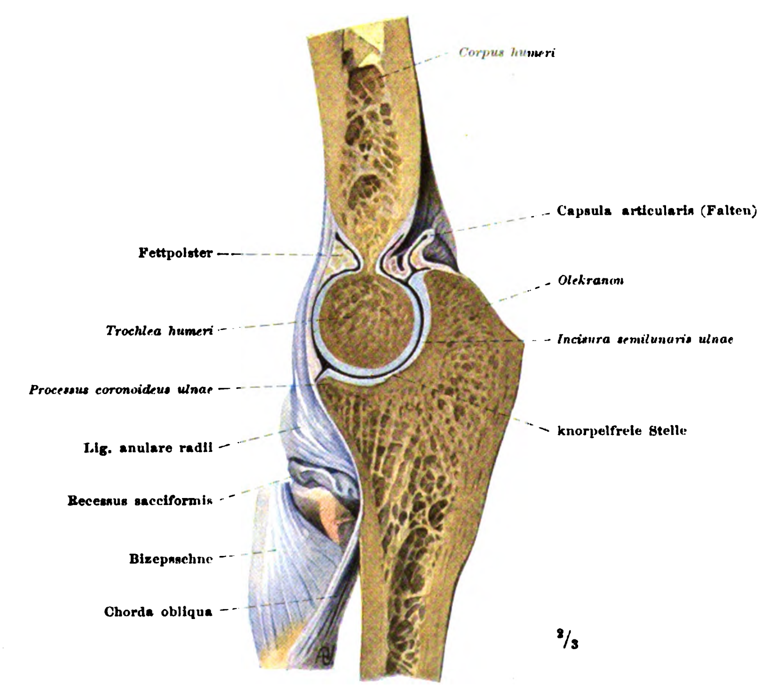


Abb. 190. Sagittalschnitt durch das Humeroulnargelenk, Streckstellung (die Schnittfläche ist bei gebeugtem Gelenk hergestellt; bei Streckstellung stehen die Flächen des Humerus und der Ulna etwas windschief zueinander). Unterarm in Supinationsstellung.

Die Knochenführung ist ihnen in dieser Richtung unterlegen (Typus: Ellenbogengelenk), noch mehr die vorwiegende Muskelführung (Typus: Schultergelenk).

Sog. „Schraubengelenk"

Ganz verschieden von den Abweichungen der exakten Knochenführung durch die Nachgiebigkeit des Knorpels ist eine praktisch ganz unwichtige, weil minimale Abweichung der Führung vom reinen Scharniertypus. Man bezeichnet das Humeroulnargelenk wohl auch als „Schraubengelenk" und legt dem oft viel zu viel Bedeutung bei. Richtig ist, daß Stifte, welche in die Zangenränder so weit eingeschlagen werden, daß sie bei Flexionen Ritze in der Trochlea hinterlassen, eine Schraubenlinie aufzeichnen. Gewöhnlich verläuft die Linie beim rechten Arm im Sinn einer Rechtsschraube; sie kann auch gerade oder wie eine Linksschraube gehen. Man stelle sich vor, daß die Zange der Ulna die Schraubenmutter wäre, die an der Schraubenspindel, der Trochlea, lateralwärts vorgeschraubt wird. Die Ulna verschiebt sich dabei parallel der Ebene, in welcher ihre Längsachse liegt. Der Ausschlag am distalen Ende der Ulna kann nicht größer als der am proximalen sein. Die Gesamtverschiebung beträgt nur 2 mm, kommt also gegenüber den tat-

sächlichen Hebelausschlägen der Wackelbewegungen im Ellenbogengelenk (bis zu 2 cm, siehe oben) gar nicht in Betracht.

Lage des Gelenkspaltes beim Lebenden

Die Ellenbogenfurche in der Haut entspricht den Epikondylen des Humerus. Sie liegt 2 cm oberhalb der Gelenkspalte: Bei Streckung des Armes verschwindet sie bei den meisten Menschen.

Der Epicondylus lateralis liegt ca. 2 cm (18 mm), der Epicondylus medialis ca. 3 cm (28 mm) oberhalb der Gelenklinie. Man richtet sich beim Aufsuchen des Spaltes nach diesen Marken. Außerdem kann man bei mageren Leuten den Spalt des Humeroradialgelenkes von der Dorsalseite her unter dem Epicondylus lateralis direkt fühlen (S. 310).

c) Articulatio humeroradialis.

Abb. 190 bis 192, 195, 196

Die Articulatio humeroradialis ist der eignen Form nach ein wirkliches Kugelgelenk. Sie hat aber nicht die volle Freiheit der Bewegungen eines solchen. Der kugelige Gelenkkopf, das Capitulum humeri, sitzt am gleichen Knochen

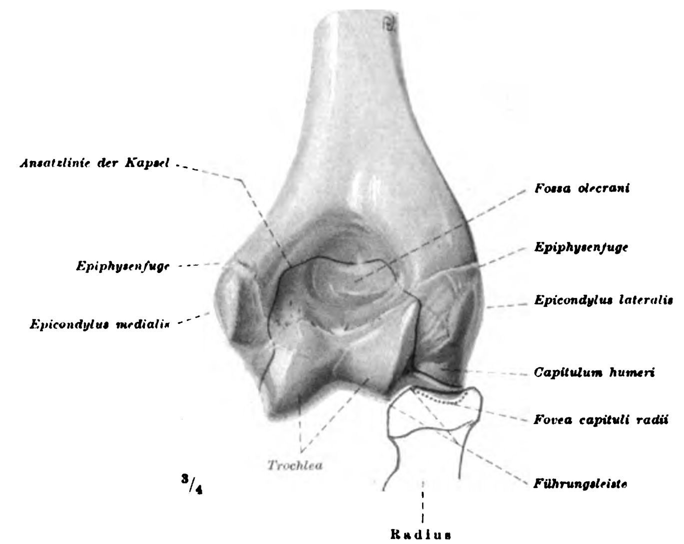


Abb. 191. Distales Ende des rechten jugendlichen Humerus, Dorsalseite. Die vier Epiphysenkerne sind noch nicht verwachsen (die beiden mittleren berühren sich in der Mitte der Trochlea; der laterale von beiden ragt in das Capitulum humeri hinein).

wie die Rolle für die Ulna (Abb. 191). Denkt man sich bei einem Kastendeckel von den beiden üblichen Scharnieren das eine durch ein Kugelgelenk ersetzt, so wird dadurch an der Freiheit der Bewegung des Deckels offensichtlich nichts geändert. Ebenso ist beim Arm das linienläufige Humeroulnargelenk der allein-bestimmende Faktor, weil es weniger frei beweglich ist als das Humeroradialgelenk. Der Radius wird bei den Flexionen in letzterem nur mitgenommen. Man könnte ein Instrument konstruieren, welches die gleichen Bewegungen wie die Gelenkkombination des Ellenbogens und Unterarmes ermöglicht, und in diesem, wenn die Führung entsprechend gut konstruiert ist, die Verbindung des Humerus mit dem Radius ganz weglassen, ohne die Bewegungsmöglichkeiten zu ändern (Abb. 192b).

Die Muskeln, welche im Ellenbogen beugen, wirken entweder auf die Ulna oder den Radius oder auf beide zusammen. Mag wie bei einem Triebwagen die Ulna oder der Radius Triebrad sein, oder mögen sie beide zugleich angetrieben werden, die knöcherne Schienenführung liegt ausschließlich im Humeroulnargelenk.



Die Erklärung für die Kugelform des Capitulum humeri ist nach einer ganz anderen Richtung zu suchen als bei anderen Kugelgelenken. Im Ellenbogengelenk kommt es nicht darauf an, drei Grade der Freiheit wie beim Schultergelenk zu erzielen, die doch nicht ausgenutzt werden könnten. Die Kugelform des Humeroradialgelenkes ist vielmehr eine Stützung für die Hand, welche ungünstig an der Ulna ansitzt und durch den Radius erst einen Widerhalt am Humerus gewinnt; sie ist zugleich eine Art von knöcherner Führung, welche dem Radius Rotationen um die Achse seines Collum ermöglicht, ohne die Mitbewegung mit der Ulna bei Flexionen zu stören.

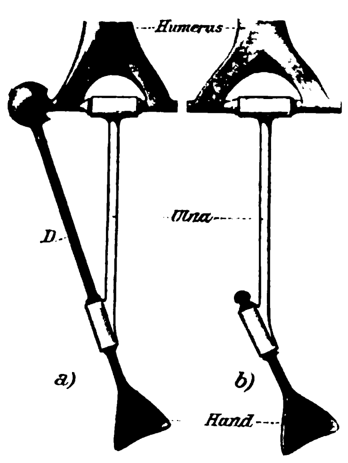


Abb. 192. Nachbildung der wesentlichen Bewegung im Ellenbogengelenk und in den beiden Radioulnargelenken durch ein frei konstruiertes Instrument (Petersen, Anat. Anz. 1918). Die Hand sitzt unbeweglich an einem Stiel D (d. h. ohne Berücksichtigung des Handgelenkes). D entspricht der Diagonalachse, geht also proximal durch das Capitulum humeri, in der Mitte durch die Membrana interossea, distal durch den Discus articularis (vgl. mit Abb. 149a). Das distale Ende des Radius, welches außen von D liegen würde, ist nicht nachgebildet, weil es nur von D mitgenommen wird. a) Der Handstiel D hat eine Führung am Humerus, welche ausgebildeter ist als in unserem Körper, b) der Handstiel hat keine Führung am Humerus, nur an der Ulna.

Wäre die proximale Stirnfläche des Radius plan statt vertieft, so wäre die Pro- und Supinationsbewegung auch auf einer zylindrischen Fortsetzung der Humerusrolle möglich, aber die Berührung der Gelenkflächen in jeder Stellung wäre rein linear und sehr locker. Indem das kuglige Capitulum humeri in die Fovea capituli radii wie in eine Pfanne eingreift (Abb. 191), gewinnt der Radius eine Führung ähnlich Achsenlagern von Rädern, die auch in der Technik angewandt werden. Der Humerus transportiert das Lager automatisch bei allen Bewegungen im Ellenbogen so, daß der Radius der Ulna in alle Flexionsstellungen folgen kann und immer frei beweglich um die eigene Kollumachse bleibt. Seine Beweglichkeit ist auf zwei bestimmte Achsen beschränkt (Abb. 189b, rot gestrichelt). Die horizontale der beiden Achsen ist dem Radius durch die Humeroulnarverbindung aufgezwungen und in dieser durch knöcherne Führung festgelegt. Die vertikale Achse entspricht dem eigenen Anteil des Radius an der Diagonalachse des Vorderarmes für die Pro- und Supinationen und ist in der Humeroradialverbindung ebenfalls durch knöcherne Führung gesichert. Die Bewegungen des Radius hat nur zwei Grade der Freiheit (statt drei wie beim Schultergelenk).

d) Articulatio radioulnaris proximalis.

Abb. 190, **193**, 195, 196 Die Articulatio radioulnaris proximalis ist die obere Hauptverbindung des Radius mit seinem Nachbarknochen. Ihr gegenüber ist die geschilderte Art der Humeroradialverbindungen nur Beiwerk, zwar wichtig für die Sicherung, aber nicht bestimmend für den Verlauf der Bewegung. Die Art der Führung im oberen Radioulnargelenk ist nur zum geringsten Teil knöchern. Die Hauptsache ist die Bandführung. Die schmale überknorpelte Gelenkfläche, die um das Köpfchen des Radius herumläuft, Circumferentia articularis radii (Abb. 170), greift in einen entsprechenden überknorpelten Ausschnitt der Ulna ein, Incisura radialis ulnae (Abb. 193). Sie läuft wie ein Rad in der Furche der Ulna. Die Radachse geht durch die Mitte des Gelenktellers für den Humerus, Fovea capituli.

Ligamentum anulare radii Das Radiusköpfchen wird in der Furche der Ulna festgehalten durch ein Verstärkungsband der Gelenkkapsel, welches wir hier herausgreifen, um zunächst klar zu stellen, wie Knochen und Ligamente eine biologische Einheit bilden. Dieses Band, das Ligamentum anulare radii, muß künstlich aus der Gelenkkapsel herauspräpariert werden, um es zu isolieren (Abb. 193). Die

Beziehungen zu anderen Teilen der Kapsel werden weiter unten berücksichtigt. Die Incisura radialis ulnae und das Ligamentum anulare radii formen gemeinsam einen einheitlichen osteofibrösen Apparat, der als eng anschließender Ring das Rad des Capitulum radii umfaßt und so fixiert, daß es sich nur um die eigene Achse drehen kann. Der Mechanismus ist ganz ähnlich dem Zapfengelenk des Zahnes des Epistropheus, der sich in einer osteofibrösen Hülse des Atlas um die eigene Achse dreht (S. 117). Man vergleicht solche Einrichtungen den Tür- oder Fensterangeln der Technik, bei welchen ein Zapfen, der senkrecht steht, sich in einer Hülse dreht (Längsscharniere, S. 61). Die allgemeine Bezeichnung dieser Gelenke unseres Körpers ist: Zapfen- oder Drehgelenk, Trochus s. Articulatio trochoides.

Die Diagonalachse des Unterarmes ist die Verlängerung der Radachse (Abb. 149a), welche den Drehungen des Rades gehorchen muß. Der Radius beschreibt mit dem distalen Ende einen Kreis um das distale Ende der Ulna (Abb. 149b), weil er die Radachse nicht gradlinig fortsetzt, sondern weil er vom Collum radii schief nach außen abbiegt.

Führungsleiste der Trochlea

Die Radachse hat nach der Seite des Oberarmes die oben beschriebene Führung am Radiusköpfchen des Humerus. Außerdem besteht noch eine zweite Sicherung am Humerus. Die Trochlea ist gegen das Kapitulum so abgeschrägt, daß eine schmale, sichelförmige Führungsleiste (Abb. 191) resultiert, an welcher die Trochlea und das Radiusköpfchen wie zwei senkrecht zueinander gestellte Kammräder aneinander gleiten. Die beiden Räder stehen, wie der Radius auch zum Humerus stehen mag, immer senkrecht aufeinander und führen sich um so besser aneinander, je stärker sie durch die Wirkung der Muskeln aufeinander gepreßt werden (M. biceps, M. pronator teres etc.).

Abb. 193. Oberes Ende der Ulna mit Ligamentum anulare radii. Der Radius ist entfernt. Das Bindegewebe, mit welchem die knorpelfreie Stelle der Incisura semilunaris ulnae bedeckt ist, wurde wegpräpariert.

Das Capitulum radii hat streng genommen keinen kreisförmigen, sondern einen elliptischen Kontur. Die Inkongruenz mit dem kreisförmigen Ausschnitt der Ulna ist bedeutungslos, da sie durch die genannten Sicherungen und die Muskelwirkung im Leben spurlos ausgeglichen ist. Das Radiusköpfchen steckt in dem osteofibrösen Ring wie in einem Knopfloch, das so eng ist, daß beim Erwachsenen nur äußerst selten der Knopf aus dem Knopfloch herausgleiten kann. Bei Kindern ist das weniger selten, besonders beim Emporheben des Kindes an einer Hand, weil die ganze Körperlast die noch weiche Bandkomponente des Apparates aufs äußerste beansprucht.

Der Spielraum der Pro- und Supinationen im oberen Radioulnargelenk beträgt beim Lebenden 120—140°. Er wird nicht durch das untere Radioulnargelenk beeinträchtigt; denn man erzielt keine Steigerung der Pro- oder Supination, wenn man die beiden Unterarmknochen unterhalb des oberen Gelenkes durchsägt. Die Muskeln, welche je nach der Richtung der Bewegung passiv gedehnt oder zwischen Radius und Ulna eingezwängt werden, bestimmen die Grenzen des genannten Spielraumes. Spielraum der Bewegung

e) Die Kapsel des gesamten Ellenbogengelenkes und ihre Verstärkungsbänder.

Die Kapsel des Ellenbogengelenkes, Capsula articularis, hüllt die drei geschilderten Abteilungen des Gelenkes gemeinsam ein; sie enthält Verstärkungsbänder, die in die Kapselwand eingewebt sind an den Stellen, Abb. 190, 191, 194 bis 196

an welchen die Beanspruchung am größten ist. Das oben herausgegriffene Ligamentum anulare radii ist ein solches Band. Aber auch die reine Knochenführung zwischen Humerus und Unterarmskelett ist durch Verstärkungsbänder in der Kapsel des Ellenbogengelenkes gesichert. Diese, die Ligamenta collateralia, liegen zu beiden Seiten des Armes wie die Schienen eines Schienenverbandes. Abduktionen im Ellenbogen werden durch sie verhindert, solange die Bänder nicht einreißen. Sie sind so stark, daß seitliche Verrenkungen, besonders medialwärts, äußerst selten sind.

Lig. coll. mediale

Das Ligamentum collaterale mediale s. ulnare (Abb. 194) ist eine dreieckige Bandplatte, welche vom Epicondylus medialis humeri entspringt und mit breiter Basis an der Ulna inseriert. Der vordere Randstreifen, Pars anterior, entspringt am Epikondylus vor der Drehachse und ist besonders dick. Er ist am Processus coronoideus ulnae befestigt; ein Teil von ihm ist gespannt, mag der Arm im Ellenbogen gestreckt oder gebeugt sein (Abb. 194, 196). Der hintere Randstreifen, Pars posterior, entspringt hinter der Drehachse, ist an der

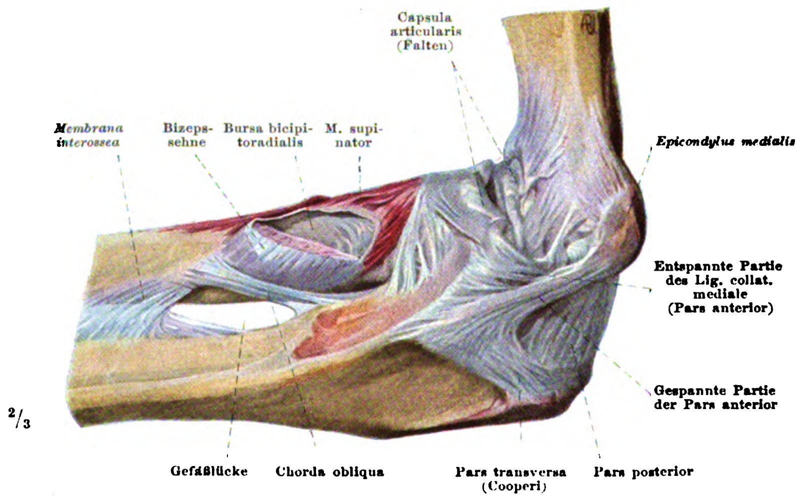


Abb. 194. Rechtes Ellenbogengelenk von der medialen Seite gesehen.

medialen Kante des Olekranon angeheftet und ist nur gespannt, wenn der Arm gebeugt wird. Beide sind verbunden an der Ulna durch die querverlaufenden Züge eines unteren Randstreifens, Pars transversa (Cooperscher Streifen), welcher sie gegeneinander versteift. Die Spannung der Randstreifen hemmt übermäßige Flexionen und Extensionen und bremst die Knochenanschläge, die vorn der Processus coronoideus und vor allem hinten das Olekranon in den Vertiefungen des Humerus besitzen. Doch werden allzu brüske Flexionen schon ehe die Band- und Knochenhemmung einsetzen, durch Dehnung der Streckmuskeln (Trizeps) und durch Quetschung der Beugemuskeln (besonders des Brachialis) gemildert. Bei Extensionen fehlt die Muskelquetschung; Luxationen nach hinten sind daher von allen Ellenbogenverrenkungen am häufigsten.

Das breite Band im ganzen ist, weil immer ein Teil von ihm gespannt ist, eine Art fester Brücke zwischen Humerus und Ulna, welche die Knochenführung der Ulnazange an der Rolle sichert. Seitliche Wackelbewegungen (Abduktionen und Rotationen) zwischen beiden Knochen sind infolgedessen auf ein Minimum herabgedrückt. Entsprechend der vielseitigen Betätigung ist das Band am stärksten von allen Bändern des Ellenbogengelenks.

Die breite Anheftung des Lig. collat. an der Ulna verbirgt bei Knochensplitterungen oft den Schaden für den palpierenden Finger des Arztes, weil die Fragmente durch das Band zusammengehalten werden.

Lig. collaterale laterale

Das Ligamentum collaterale laterale s. radiale liegt an der Seite des Radius, ist aber nicht am Radius befestigt (Abb. 195, 196). Eine Drehung des Knochens um seine Längsachse wäre sonst nur in ganz beschränktem Grade möglich.

Das Beiwort „radial" kann deshalb leicht mißverstanden werden. Das Beiwort „lateral" bezieht sich auf den Epicondylus humeri lateralis, von dem das Band entspringt. Es ist die bessere Bezeichnung von beiden.

Vom lateralen Epikondylus begibt sich das Band in das Ligamentum anulare radii hinein. Die Fasern verflechten sich mit den Ringfasern und heften sich mit ihnen vorn und hinten an der Ulna an. Auf diese Weise gibt das Lig. coll. laterale dem Radius volle Freiheit bei der Pro- und Supination. Präpariert man es im natürlichen Zusammenhang mit dem Ligamentum anulare aus der Gelenkkapsel heraus, in die beide nur eingewebt sind, so ergibt sich ein ⊥. Der Querschenkel legt sich als Ringband um den Radius herum, der Längsschenkel läuft als laterales Seitenband zum Epicondylus lateralis humeri. So wird das Ringband als Knopfloch für das Radiusköpfchen nach dem Oberarm zu fixiert; außerdem haben die Unterarmknochen, besonders die Ulna, durch den Bandkomplex nach dem lateralen Epikondylus zu eine seitliche Führung und Hemmung für Flexionen im Ellenbogen. Daß die Beanspruchung nicht so groß ist wie beim Lig. coll. mediale geht aus der geringeren Stärke des Lig. coll. laterale hervor.

Ligam. collaterale laterale
Recessus sacciformis
Radius
Epicondylus lateralis
Ligam. anulare radii
Ulna

Abb. 195. Mit rotem Wachs injiziertes Ellenbogengelenk, Trockenpräparat. Die Stellung entsteht bei der Injektion automatisch durch den Druck der eingespritzten Masse.

Kapsel im ganzen, Befestigung am Knochen

Die Kapsel hat außer diesen Hauptverstärkungsbändern noch schräge Züge, welche in die Vorderwand eingewebt sind (Abb. 196). Wichtiger ist die Befestigungslinie der Kapselwand an den beteiligten Knochen, weil durch sie die Ausdehnung des Gelenkes bestimmt ist. Wie bei allen Gelenken ist auch hier durch die innerste Schicht, Intima, der Gelenkraum allseitig abgeschlossen und gegen den Knochen längs der Befestigungslinie abgedichtet. Der Gelenkraum ist in der Norm nur ein System kapillarer Spalten, die mit einer Spur Synovia glitschig gehalten sind.

Wird das Gelenk künstlich durch Injektion einer Farbmasse (Abb. 195) oder bei Erkrankungen oder Verletzungen durch einen Erguß von Serum, Eiter oder Blut erweitert, so sind die Befestigungslinien am Knochen natürliche Grenzen, über welche die Schwellung nicht hinausgeht, es sei denn, daß die Kapsel platzt. Der Kapselraum faßt in halber Beugestellung des Armes am meisten Flüssigkeit; diese Stellung wird bei maximaler Füllung automatisch eingenommen, z. B. bei entzündlichen Ergüssen in das Ellenbogengelenk.

Der Teil des Humerus, welcher intrakapsulär liegt (Abb. 191), wird häufig Kondylus genannt. Er umfaßt die Trochlea, das Kapitulum und die Anschlagsgruben für die Fortsätze der Ulna. Die Epikondylen liegen extrakapsulär (Abb. 195).

An der Ulna und am Radius sitzt die Kapsel nicht weit vom Rand der überknorpelten Fläche am Knochen an. Die Sehnen des Bizeps und Brachialis sind extrakapsulär angeheftet, die Sehne des Trizeps im allgemeinen auch; doch gelingt es bei künstlicher Ausschälung der entzündlichen Gelenkkapsel (Resektion) nicht, dem Trizeps die feste Verbindung mit dem Knochen (Olekranon) zu belassen, während das beim Bizeps und Brachialis leicht ist. Man kann aber wohl den Trizeps im Verband mit dem Periost lassen, so daß er wieder gebrauchsfähig wird.

Recessus sacci-formis

Eine besondere Einrichtung der Kapsel besteht an ihrer Anheftung unterhalb des Ligamentum anulare am Radius. Man sieht sie am besten bei dilatiertem Gelenkraum. Die Kapsel endet in diesem Zustand wurstförmig aufgetrieben und ihr Abschluß liegt als Ringwulst dicht unterhalb des Ringbandes um den Radius herum. Diese Partie heißt Recessus sacciformis (Abb. 195). Diese Stelle der Kapsel reicht vom ganzen Kapselraum am weitesten distal; deshalb nisten sich hier gern Infektionskeime ein, die — falls bei Resektionen der Rezessus nicht entfernt wird — von neuem den Prozeß aufflammen lassen. Dieser schädlichen Eigenschaft als Schlammfänger in pathologischen Fällen steht die nützliche Wirkung für die Norm gegenüber, die biologisch für die Rotation des Radius um die eigene Achse unentbehrlich und deshalb dauerfähig

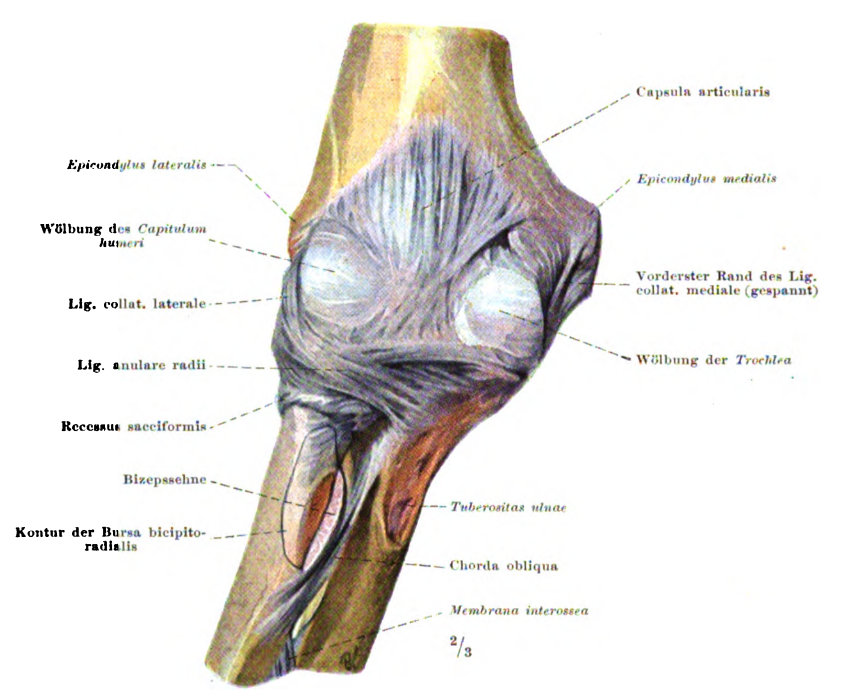


Abb. 196. Ellenbogengelenk von vorn. Knochen in Normalstellung.

geworden ist. Der Rezessus ist nichts anderes als ein Stück Kapselwand, das weit und dünn genug ist, um bei Pro- und Supinationen jeder Drehung des Radius folgen zu können. Ist er leer — wie immer beim normalen Gelenk — so legt er sich in schräge Falten, die verschieden gerichtet sind, je nach dem Grad und der Richtung der Drehung des Knochens (Abb. 190, 196).

Stellt man sich vor, der Recessus sacciformis bestände nicht, so wäre entweder der Gelenkspalt zwischen dem unteren Rand des Ligamentum anulare radii und dem Radius offen und die Gelenkschmiere würde abfließen, oder aber das Band wäre mit dem Knochen verwachsen und die Rotation des Radius wäre unmöglich. Beide Nachteile vermeidet in einfachster Weise der dünnwandige Abschluß der Kapsel, der eigentlich nur aus Intima besteht und deshalb bei der Präparation leicht übersehen wird.

Beziehung der Kapsel zur Umgebung (Haut,

Die Kapselwand liegt zu beiden Seiten des Olekranon und der Trizepssehne der Haut am nächsten. Hier werden Schwellungen des entzündeten Gelenkes auch zuerst fühl- und sichtbar. Sie ist überall sonst versteckt unter den Streck- und Beugemuskeln.

Die Falten, welche sich bei Flexion und Extension bilden (Abb. 190, 194), werden durch aberrierende Fasern des Trizeps (Caput mediale) und Brachialis, die an der Kapselwand inserieren, so dirigiert, daß sie nicht eingeklemmt werden können. Nerv, Schleimbeutel usw.)

Injiziert man den Gelenkraum, so werden dünne Stellen der Kapsel (namentlich an der von der Trizepssehne gedeckten Partie) ebenso wie der Recessus sacciformis vorgetrieben (Abb. 195). Im Leben wird das durch den Tonus der Muskelsehnendecke gehindert. Auf den nicht von Muskeln gedeckten, oberflächlicheren Kapseldistrikten liegen verschiebliche Fettwülste. Fettpolster finden sich auch in der Fossa olecrani und Fossa coronoidea des Humerus.

Hinter dem Epicondylus medialis humeri liegt der Nervus ulnaris der Kapselwand an. Er kann bei Resektionen leicht verletzt werden, ein schwerer Kunstfehler!

Die Kapsel hat Synovialfortsätze; das Ellenbogengelenk ist nicht selten der Sitz von größeren Gelenkmäusen (S. 59).

Von den umliegenden Schleimbeuteln ist beim Erwachsenen nur die auf der Unterfläche des M. anconaeus liegende Bursa meistens in Verbindung mit dem Gelenkraum (S. 333), die übrigen nie, insbesondere nicht die Schleimbeutel auf, in und unter der Trizepssehne (S. 332).

f) Articulatio radioulnaris distalis.

Das distale Radioulnargelenk liegt an der Handwurzel, also gerade am anderen Ende der Unterarmknochen wie das proximale. Gegen das Handgelenk, Abb. 197, 208

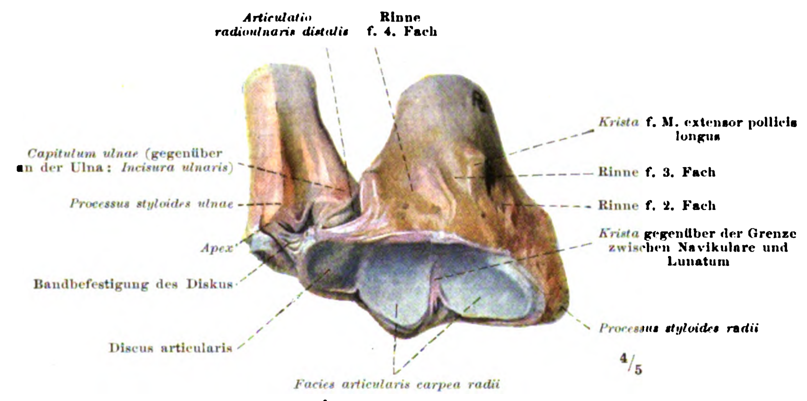


Abb. 197. Articulatio radioulnaris distalis (eröffnet) und proximale Gelenkfläche der Art. radiocarpea (ganz freigelegt). Dorsalseite der Knochen. Letztere in Normalstellung (Supination). Zwischen Kapitulum und Proc. styloides ulnae die Rinne für das 6. Sehnenfach.

speziell gegen dessen proximale Kammer (Articulatio radiocarpea), ist es scharf begrenzt. Es kann allerdings vorkommen, daß eine Kommunikation besteht; doch hat diese keine biologische Bedeutung für die Form und Funktion der Gelenke wie etwa beim Ellenbogengelenk, wo alle Knochenverbindungen in einen gemeinsamen Kapselraum zusammengefaßt sind.

Beim distalen Radioulnargelenk kann eine Kommunikation mit dem Handgelenk, falls sie vorhanden ist, die Fortleitung von Eiter und dergl. begünstigen; aber für die Norm erwachsen daraus keine Beziehungen zwischen beiden Gelenken. Die biologische Orientierung ist vielmehr ausschließlich auf das weit entfernte proximale Radioulnargelenk gerichtet.

Geradeso wie das obere Ende des Radius in die Ulna eingreift, so ist die Circumferentia articularis am unteren Ende der Ulna in einen Ausschnitt des unteren Radiusendes, Incisura ulnaris, eingepaßt (Abb. 208). Beide sind überknorpelt. Das Capitulum ulnae hat in dieser Inzisur seine Pfanne. Die Drehachse geht wie beim proximalen Radioulnargelenk durch das Knochenköpfchen, in diesem Fall also durch das Capitulum ulnae. Denn die Diagonal-

achse des Unterarmes erreicht zwei Finger breit oberhalb des Kapitulum die Ulna und verläßt sie an der Lateralseite des Griffelfortsatzes (Abb. 149). Findet eine reine Bewegung um diese Achse statt, so dreht sich die Pfanne des Radius um das feststehende Köpfchen der Ulna (Abb. 208).

Im proximalen Radioulnargelenk steht umgekehrt die Pfanne (der Ulna) fest und das Köpfchen (des Radius) dreht sich um seinen eigenen Mittelpunkt (in der Fovea capituli radii).

Discus articularis

Das untere Radiusende folgt der Bewegung seiner Pfanne, läuft infolgedessen um das untere Ulnaende herum und nimmt dabei die ganze Hand mit. Die Ulna ist statt dessen gegen die Handwurzel abgesondert durch eine Zwischenscheibe, Discus articularis, welche dreieckige Form hat, mit der Basis am Radius angeheftet ist und mit der Spitze am Processus styloides ulnae ansetzt (Abb. 197). Nach dem Handgelenk zu ist der Diskus in die Stirnfläche einnivelliert, so daß für den flüchtigen Betrachter die Ulna mit am Handgelenk bete ligt zu sein scheint. In Wirklichkeit stößt die Stirnfläche der Ulna gegen die proximale Fläche des Diskus und findet hier ihr Widerlager, ähnlich wie das Capitulum radii im Ellenbogengelenk gegen das Köpfchen des Humerus angestemmt ist. Die Ulna ist durch die ganze Dicke des Diskus vom Handgelenk getrennt. Die Bewegung der am Radius aufgehängten Hand um die Diagonalachse ist zu vergleichen dem Spiel einer Windfangtüre, welche in einem oberen und unteren Zapfenlager läuft.

Die Stirnfläche des distalen Endes der Ulna, deren knöcherne Unterlage höckerig aussieht, ist durch den Knorpelbelag zu einer ziemlich glatten Wölbung aufgefüllt, die in eine schwache Vertiefung der Diskusplatte paßt. Diese Art von Führung entspricht der gewöhnlichen Art von Achsenlagern in der Technik. Die Kapsel (siehe unten) ergänzt das Lager ähnlich wie das Ringband des Radius im proximalen Radioulnargelenk führend wirkt. Der Diskus, welcher unverschieblich am Radiusende angeheftet ist, folgt allen Bewegungen des letzteren; er dreht sich um die Spitze, die in einer Vertiefung der Basis des Griffelfortsatzes der Ulna durch Bändchen beweglich befestigt ist (Abb. 197). Das Zapfenlager bleibt infolgedessen immer in der richtigen Stellung zur Stirnfläche der Ulna.

Der Diskus ist nicht nur gegen die Ulna, sondern auch gegen das Os lunatum carpi leicht vertieft. Die Ränder, besonders der an der Ulna befestigte, sind bis zu $^1/_2$ cm dick, die bikonkave Mitte hat nur wenig mehr als 1 mm Dicke. Im Alter schwindet meistens eine Stelle in der Nähe des Radius; das distale Radioulnargelenk kommuniziert dann durch einen schmalen Spalt mit dem Radiokarpalgelenk. Wenn der Spalt schräg steht, überdecken sich die Ränder; brüske experimentelle oder pathologische Injektionen können trotz der Öffnung wie durch ein Ventil gehindert sein, von einem Gelenk in das andere vorzudringen. Allmähliche Entzündungen überwinden das Hemmnis eher. In seltenen Fällen sollen auch Kommunikationen mit den nächstliegenden dorsalen Sehnenscheiden vorkommen (mit dem 6. auch 5. oder 4. Fach, Abb. 182).

Der Diskus besteht aus straffem faserigem Bindegewebe mit eingestreuten Knorpelzellen, besonders im Zentrum. Die Ulna ist beim Embryo anfänglich gerade so lang wie der Radius. Wahrscheinlich gehen, wenn sie relativ im Wachstum gegen den Radius zurückbleibt, Knorpelbildungszellen aus ihr in die Anlage des Diskus über. Sie bilden beim Fötus Herde von Knorpelzellen. Später liegen sie vereinzelter.

Der Griffelfortsatz entsteht als dorsaler Auswuchs der Ulna (dorsal zum Triquetrum). Seine Knorpelanlage ist vorübergehend gegen die Ulna getrennt (Abb. 157b) und kann ausnahmsweise auch knöchern getrennt bleiben (Abb. 159). Ein solches Akzessorium ist durch Knorpel fest mit der Ulna verbunden, täuscht aber im Röntgenbild dem Unerfahrenen leicht eine Absprengung vor. Im Röntgenbild ist zwischen Ulna und Karpus eine charakteristische breite Lücke, weil der Diskus unsichtbar ist (Abb. 187).

Kapsel mit Recessus sacciformis, Spielraum der Bewegung

Die Kapsel des distalen Radioulnargelenkes sitzt hart an den Grenzen des Knorpelbelages an. Die Gelenkspalte ist ungefähr rechtwinklig geknickt (Abb. 197, 198). Der Kapselraum ist verhältnismäßig ausgedehnt. Denn die Kapsel ragt in ihrem vertikalen Teil mit einem Blindsack über die über-

knorpelten Flächen des Radius und der Ulna hinaus, Recessus sacciformis. Dieser proximalste Teil des Gelenks liegt zwischen den Muskeln, von denen der Pronator quadratus mit seinem Muskelfleisch der Kapsel am nächsten liegt und als Kapselspanner wirkt. Äußerlich geht die Kapselwand in die fibrösen Züge des Handgelenks über (Abb. 202).

Verstärkende Züge in der Kapselwand des Radioulnargelenkes werden nicht mit besonderen Namen unterschieden. Sie versteifen den Rand des Diskus und verbessern die Führung des Ulnaköpfchens in der Vertiefung des Dreieckknorpels.

Die Pro- und Supination wird in beiden Radioulnargelenken gleichzeitig gehemmt, und zwar wesentlich durch die Muskeln, auch durch die Haut und durch die Bänder des Handgelenks. Der Spielraum beim Lebenden beträgt 120—140 Grad, bei der Leiche 150—160 Grad. Präpariert man die Haut ab, so steigt die Rotation auf 162 Grad, nach Entfernung der Muskeln auf 185—190 Grad, nach Wegnahme der Bänder auf 205—210 Grad. Bei Pronation wird wesentlich das Fleisch der tiefen Beugemuskulatur zwischen Ulna und Radius gequetscht (Flexor digit. prof. und Flex. poll. long.); bei Supination werden die Sehnen der Extensor carpi ulnaris und Ext. dig. V. propr. vom Radius gegen den Proc. styl. ulnae gedrängt (Abb. 208a). Die Seitenbänder des Handgelenkes hemmen nicht, wohl aber die vordere und hintere Wand dieses Gelenkes mit ihren Verstärkungsbändern (siehe weiter unten).

g) Articulatio radiocarpea, proximale Kammer des Handgelenkes.

Das Handgelenk, Articulatio manus, zerfällt in zwei anatomisch selbständige Kammern. Articulatio radiocarpea und Articulatio intercarpea. Die erstere liegt proximal, die letztere distal von der 1. Karpalreihe (Abb. 198). Abb. 34, 197 bis 199a, 200

Die Articulatio radiocarpea hat Gelenkflächen von elliptischer Form. Sie ist das deutlichste Eigelenk unseres Körpers. Die Längsachse der Eifläche steht senkrecht zur Diagonalachse des Unterarmes (Abb. 149, erstere punktiert). Der Gelenkkopf gehört dem Karpus an (Abb. 199a). Er besteht aus dem Navikulare, Lunatum und einem Teil des Triquetrum. Die Spalten zwischen den drei Knochen sind durch Zwischenbänder geschlossen (blau, Abb. 198); ein einheitlicher Knorpelbelag auf Knochen und Bändern überzieht den ganzen Gelenkkopf. Kopf und Pfanne

Die Gelenkpfanne ist vom distalen Radiusende, dem Discus articularis und einem Teil des Ligamentum collaterale ulnare gebildet, die ebenfalls von einheitlichem Knorpel überdeckt sind.

Von den drei Facetten des Kopfes, welche von den drei beteiligten Karpalknochen herrühren, korrespondiert bei Normalstellung der Hand die Facette des Navikulare dem lateralen Teil des Radius, die Facette des Lunatum dem medialen Teil des Radius und dem Diskus. Zwischen beiden Gelenkgruben an der Stirnfläche des Radius erhebt sich ein niedriger, schwach oder gar nicht überknorpelter First (Abb. 197). Die Facette des Triquetrum, die weitaus kleinste der drei Kopfflächen, ist hauptsächlich gegen die überknorpelte Stelle des Ligamentum collaterale carpi ulnare (S. 399) gerichtet und nur gegen eine relativ kleine Partie des Discus articularis. Letztere entspricht nur etwa $^1/_4$ der Pfannenfläche.

Die Ränder der Pfanne sind auf der Vorder- und Hinterfläche der Handwurzel ausgeschnitten und geben dadurch bei Flexionen dem Gelenkkopf mehr Spielraum für seine Ausschläge. Die Ausschweifung folgt der Form der Pfanne: sie richtet sich mit der Konvexität proximalwärts. Verbindet man die Spitze der Griffelfortsätze von Radius und Ulna durch eine gerade Linie, so erhält man die Sehne des Bogens, den der Pfannenrand beschreibt. Der Bogen erhebt sich bis $1^1/_4$ cm über seine Sehne.

Man kann die Gelenklinie beim Lebenden, wenn man sich die Sehne des Bogens nach den leicht fühlbaren Griffelfortsätzen der Elle und Speiche auf die Haut des Handwurzelrückens aufzeichnet, nach dem angegebenen Lage der Gelenkspalte beim Lebenden



Maß leicht finden. Sie liegt viel höher am Unterarm als der Anfänger gewöhnlich annimmt (Abb. 187). Bei mageren Händen kann man unmittelbar das Radiusende an der **Dorsalfläche** der Handwurzel abtasten oder sogar durch die Haut sehen (Abb. 132), besonders wenn die Hand volar flektiert wird. Wird die Hand stark dorsal flektiert, so entstehen an der Handwurzel Querfalten, die bei manchen Menschen auch in anderen Handstellungen konstante Linien in der Haut hinterlassen. Die proximalste von ihnen entspricht ziemlich genau der Konvexität des Radiokarpalgelenks. Auch auf der **Volarfläche** der Handwurzel bestehen Falten, von denen die oberste bei fetten Armen z. B. Kindern wie mit einer Schnur in den Hautspeck eingeschnitten ist. Diese Linie entspricht ungefähr dem Radiokarpalgelenk.

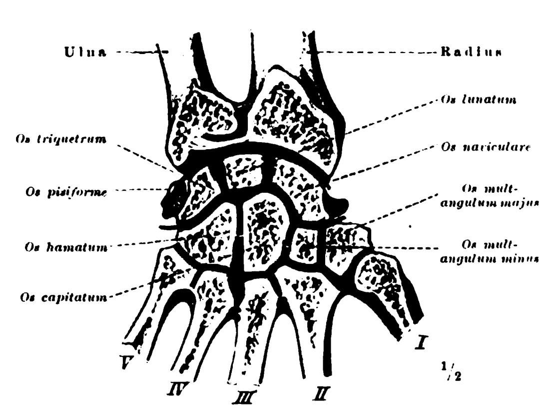


Abb. 198. **Flachschnitt** durch die rechte Hand, von dorsal gesehen. Die Gelenkspalten schematisch erweitert, **rot**, Ligamenta interossea **blau**. Der **schwarze** Punkt ist der Drehpunkt für das Handgelenk im ganzen. Die beiden Kammern des Handgelenkes durch je eine **schwarze** Linie markiert (die obere mit Pfeil im Sinne der radialen Abduktion der Hand im ganzen). Unterarm in Pronationsstellung.

Da die Ulna kürzer ist als der Radius und da die Pfanne des Radiokarpalgelenkes nicht von ihr, sondern vom Diskus gebildet wird, so kann man bei Operationen in die Gelenkspalte eindringen, wenn man die Messerspitze dicht unter der Spitze des Proc. styloides ulnae vortreibt. Versucht man dagegen am Proc. styloides radii einzudringen, so bohrt sich die Messerspitze in das Os naviculare (Abb. 187).

Verkehrsfläche der proximalen Handgelenkskammer

Denkt man sich den Gelenkkopf und die Gelenkpfanne eines Eigelenkes aus unnachgiebigem Material, etwa aus Metall, so wäre es nur einachsig, denn nur bei Bewegungen um die Längsachse kommen gleichartige Krümmungen

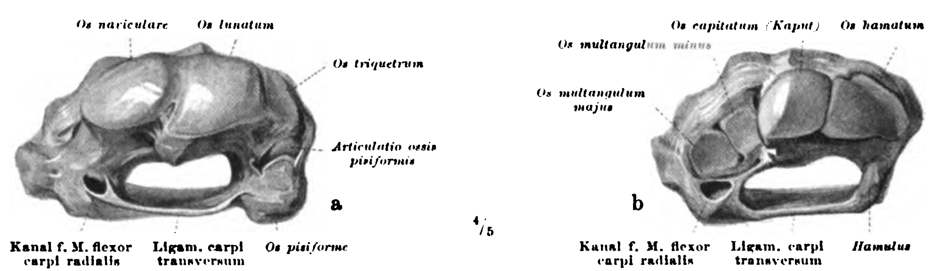
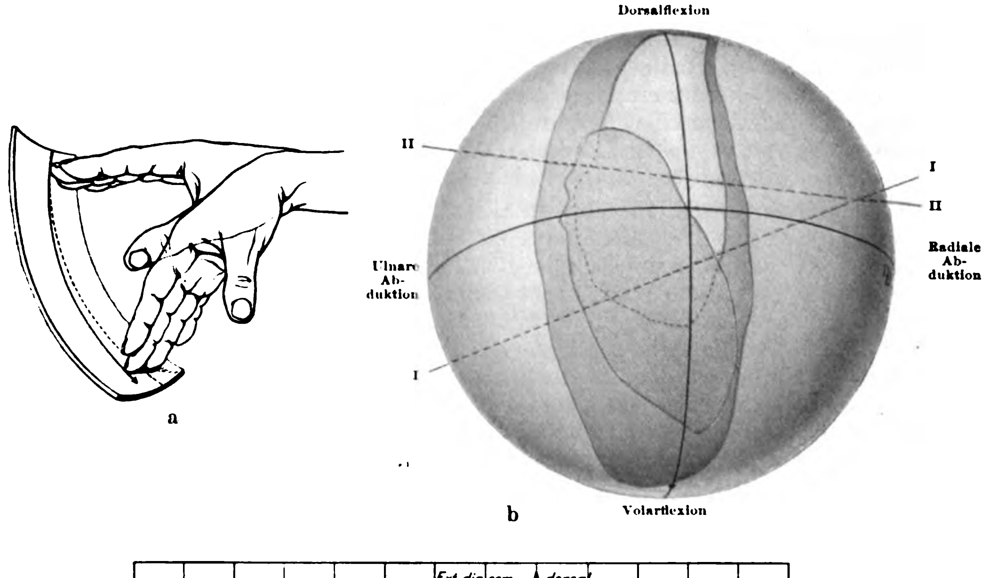
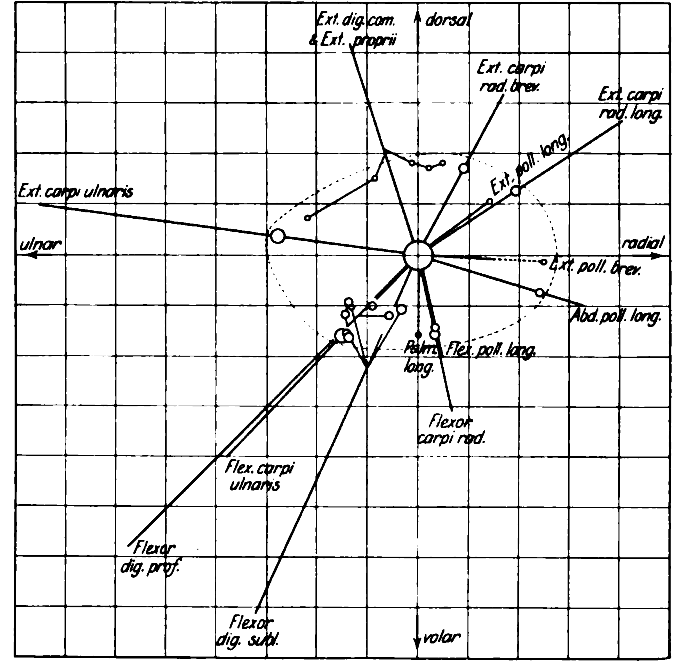


Abb. 199. Die beiden Karpalreihen, **proximale** Gelenkflächen, rechte Hand. a) Gelenkkopf der proximalen Kammer des Handgelenkes (die Pfanne ist in Abb. 197 abgebildet). b) Kombination von Kopf und Pfanne der distalen Kammer des Handgelenkes (~förmiges Gelenk). Der Kopf besteht aus dem Kaput des Os capitatum und dem Os hamatum, die Pfanne aus dem Os multangulum majus und Os m. minus.

von Kopf und Pfanne aufeinander zu liegen (Dorsal- und Volarflexion der Hand). Ein Ei im Eibecher ist auch nur um seine Längsachse drehbar. Dreht sich dagegen der Gelenkkopf in der Pfanne um die Querachse (ulnare und radiale Abduktion der Hand), so rutscht die Krümmung des Kopfes, welche anfangs in der Mitte steht und diesem Teil der Pfanne entspricht (Abb. 34, R), nach der Seite zu und kommt dort auf eine Kreislinie von geringerem Durchmesser zu liegen (R′). Die Folge müßte eine Luxation des Kopfes aus der Pfanne sein. In Wirklichkeit ist der Knorpelbelag der Gelenk-





c

Abb. 200. **Verkehrsfläche des Handgelenkes (Bahnkugel).** a) Hand von der Seite, Drehpunkt im Handgelenk. Die Spitze des Mittelfingers bestreicht die Verkehrsfläche von innen. Die gestrichelte Linie entspricht dem schwarz ausgezogenen Meridian der Abb. b. b) Bahnkugel, durchsichtig gedacht (nach den Messungen von Braune und O. Fischer am Bänderpräparat). Rot: Verkehrsfläche für die proximale Kammer des Handgelenkes, Artic. radiocarpea. Violett: Verkehrsfläche für die distale Kammer, Artic. intercarpea. Blau: Verkehrsfläche für das gesamte Handgelenk. Der Äquator der Kugel entspricht der Normalstellung der Hand. Reine Abduktionen verlaufen in ihm, reine Flexionen in dem schwarz aufgetragenen Meridian der Bahnkugel (über Verschieblichkeit der einzelnen Karpalia siehe Text S. 394). c) Drehmomente der Muskeln am Handgelenk (nach Messungen von Ed. Weber und Em. Weber graphisch dargestellt von H. v. Recklinghausen, Gliedermechanik 1920). Die größere Scheibe in der Mitte entspricht dem Zentrum der Bahnkugel. Die von ihr ausgehenden Strahlen geben nach Größe und Richtung die flektierenden und abduzierenden Drehmomente der einzelnen Muskeln an. Die kleinen Scheibchen lassen erkennen, wie weit die betreffende Sehne am Handgelenk vom Zentrum der Bahnkugel entfernt liegt (die Lage ist nicht ganz exakt; hier ist der Berechnungen wegen der von Em. Weber zugrunde gelegte Befund unverändert wiedergegeben, da die kleinen Ungenauigkeiten praktisch nichts ausmachen). Jedes Netzquadrat hat in Wirklichkeit eine Kantenlänge von 1 cm.

flächen des Handgelenkes so plastisch, daß unter dem Druck der aktiven Muskelkräfte im Radioulnargelenk außer Flexionen auch Abduktionen und alle Zwischenbewegungen zwischen diesen beiden ausgeführt werden können, ohne daß die Gelenkflächen ein Hindernis bilden. Man muß sich vorstellen, daß die Bewegungen im Radiokarpalgelenk, trotzdem es die Form eines Eigelenkes hat, wie bei Kugelflächen verlaufen können.

Denkt man sich alle übrigen Gelenke der Hand und der Finger versteift, so kann man mit dem Mittelfinger als Schreibhebel die Bewegung aufzeichnen, welche im Radiokarpalgelenk möglich ist. Das Handgelenk stehe im Zentrum; die Fingerspitze bestreicht dann von innen eine Kugelfläche (Bahnkugel), deren Radius gleich dem Abstand dieser Spitze vom Handgelenk ist (Abb. 200a). Die Bahnkugel ist an der Leiche durch künstliche Fixierung aller Gelenke außer dem Radioulnargelenk ermittelt worden (Abb. 200b, rot). Die Grenzlinie des Bewegungsfeldes ist durch die Band- und Muskelhemmungen bestimmt, von denen weiter unten zu reden sein wird. Innerhalb der Grenzen ist jeder Punkt durch Bewegungen im Radiokarpalgelenk erreichbar. Die Bewegung ist nicht linienläufig (Freiheit eines Grades), wie sie in einem starren Eigelenk sein müßte, sondern flächenläufig (zwei Grade der Freiheit) und gleicht darin den Kugelgelenken.

Keine willkürliche, wohl zwangsläufige Rotation

Dem Lebenden geht völlig die Fähigkeit ab, die Hand im proximalen Handgelenk willkürlich um die Längsachse zu rotieren, ohne sie gleichzeitig zu flektieren oder zu abduzieren, wie etwa der Oberarm in jeder beliebigen Stellung um seine Achse im Schultergelenk rein rotiert werden kann.

Man darf das Radiokarpalgelenk nur unter dieser Einschränkung mit einem echten Kugelgelenk vergleichen. Die Gelenkflächen verhindern Abweichungen von reinen Flexionen der Hand nicht, wie wir gesehen haben, obgleich es der mathematischen Form des Eigelenkes nach der Fall sein müßte. Das gilt so gut für die Rotation wie für die Abduktion. Wir werden auch sehen, daß Muskeln vorhanden sind, welche die Rotation ausführen könnten, und mit denen man an der Leiche, wenn man an ihren Sehnen zieht, tatsächlich die Hand im Radiokarpalgelenk um ihre Längsachse rotieren kann.

Der Grund dafür, daß der Lebende eine Rotation der Hand im Handgelenk willkürlich nicht ausführen kann, ist rein nervöser Natur. Er benutzt aus Gründen einer ihm unbewußten Führung im Zentralnervensystem die betreffenden Muskeln nicht, welche die Bewegung ausführen könnten, oder er hebt ihre rotatorische Komponente durch Gegenwirkung von Antagonisten auf. Die nervösen Impulse verlaufen hauptsächlich zu solchen Muskeln, welche Bewegungen in den beiden Radioulnargelenken des Unterarmes auslösen (Pro- und Supination). So ist bei der Hand auf nervösem Weg eine scharfe Arbeitsteilung für die willkürlichen Rotationen gegenüber Flexionen und Abduktionen durchgeführt. Die Form der Gelenkflächen ist eben nur eine der Komponenten, welche für die Bewegungsart ausschlaggebend sind, ganz anders wie in einer Maschine, wo alles auf die Metallager und die Führung in ihnen ankommt. Die Knochenführung im Humeroulnargelenk kommt dagegen letzteren nahe. Ellenbogen und Handgelenk sind Beispiel und Gegenbeispiel für den Anteil der Gelenkform an der Führung der Bewegung.

Im Radiokarpalgelenk treten wohl unwillkürliche, zwangsläufige Rotationen auf, wenn wir die Hand anstatt rein zu flektieren oder zu abduzieren in eine Zwischenstellung zwischen Flexion und Abduktion hineinbringen (Abb. 200a, Richtung des Pfeiles). Das wird am deutlichsten, wenn man ein Stäbchen auf die Fingerspitze aufklebt, welches quer zur Fingerachse und parallel zur Ebene des Handtellers steht. Führt man beispielsweise eine reine Volarflexion aus und geht von da aus mit der Hand in radiale oder ulnare Abduktion, so stellt sich das Stäbchen ganz ohne

unseren Willen schräg zur Unterarmebene (Ebene der Membrana interossea), auch wenn die Supinationsstellung der Unterarmknochen unverändert bleibt. Letzteres kann man kontrollieren, indem man mit der anderen Hand die beiden Enden von Radius und Ulna fest fixiert. Bei Menschen, bei welchen infolge einer Verletzung Radius und Ulna in Supinationsstellung verwachsen und gegeneinander unbeweglich sind, ist die zwangsläufige Rotation im Handgelenk nicht gehemmt, die willkürliche ist dagegen aufgehoben (S. 377). Den Winkel, um welchen zwangsweise rotiert wird, halten manche Autoren für gesetzmäßig (LISTINGsches Gesetz, s. S. 423).

Bei Schußverletzungen (im Kriege) kommen Zertrümmerungen von Radius und Ulna nicht selten vor. Wachsen die Knochen zusammen, so kehrt die aktive Beweglichkeit im Handgelenk erst nach längerer Zeit wieder, weil die Muskeln mitverletzt und durch die Kallusbildung der Knochen behindert zu sein pflegen. Man kann sich in solchen Fällen überzeugen, daß die Hand, welche passiv in eine Zwischenstellung zwischen Flexion und Abduktion gebracht wird, dabei zwangsläufig rotiert, also z. B. bei Volarflexion und radialer Abduktion um eine schräge Achse bewegt wird (Abb. 200b, I—I). Auf diese schrägen Achsen wird später zurückzukommen sein. Solche Fälle sind experimentelle Beweise dafür, daß Schrägstellungen (zwangsläufige Rotationen) durch passive Faktoren bedingt sein können (Gelenke, Bänder). Deshalb sind sie in diesem Kapitel erwähnt. Inwiefern sie bei den aktiven Vorgängen durch Muskelführung infolge der Lage der Muskeln oder durch bestimmte Innervationstypen der Muskeln unterstützt oder gar ausgelöst werden müssen, vermögen wir leider noch viel zu wenig gegen die rein passiven Vorgänge abzugrenzen.

Sehr wichtig für die passive Führung der Bewegungen im Handgelenk sind die Verhältnisse der Kapsel und der Bänder. Da letztere zum Teil für beide Handgelenkkammern gemeinsam sind, ist es zweckmäßiger, erst nach Beschreibung der distalen Kammer auf sie näher einzugehen. Hier ist die dem Radiokarpalgelenk eigene Kapsel zu beschreiben, die einen besonderen, gegen das Interkarpalgelenk in der Regel fest abgeschlossenen Gelenkspalt umschließt (Abb. 198). Die gelegentlichen Kommunikationen mit dem distalen Radioulnargelenk sind früher beschrieben (S. 387). In einem Drittel der Fälle besteht (auch bereits bei jugendlichen Individuen) eine engere oder weitere Verbindung mit dem Gelenk zwischen Triquetrum und Pisiforme, Articulatio ossis pisiformis (siehe unten). Auch über gelegentlich Passagen zwischen 1. und 2. Handgelenk wird unten berichtet werden. Alle Kommunikationen mit Nachbargelenken haben keine biologische Bedeutung für das normale Geschehen, höchstens für pathologische Vorgänge. Die Intima ist überall dicht an der Knorpelgrenze des Radius und der drei beteiligten Karpalknochen und am Rande des Diskus befestigt. Sie hat wechselnde kleine Aussackungen und nach dem Innern zu zahlreiche Fältchen, die mit Fett gefüllt sind.

Kapsel, Kommunikation mit Nachbargelenken

Bei Überanstrengungen des Gelenkes neigen die Aussackungen der dorsalen Kapselwand zu lokalen Erweichungen (Zystenbildung, sog. artikuläre Ganglien oder „Überbeine“ bei Klavierspielern usw.). — Die Sehnen der Unterarmmuskeln, welche zur Hand und den Fingern ziehen, liegen am Handgelenk sämtlich fest auf den Verstärkungsbändern der Vorder- und Hinterseite der Kapselwand in besonderen Führungen. Die Nähe der Sehnen dient mehr noch als der Bandapparat zum Schutz der Gelenkkapsel. Zerreissungen durch indirekte Gewalt gehören der Statistik nach zu den größten Seltenheiten. Die Sehnen wirken zugleich als Kapselspanner.

h) Articulatio intercarpea, distale Kammer des Handgelenkes.

Die Form der Gelenkspalte ist gekennzeichnet durch ein ∼ (Fig. 198). Zwei Gelenkköpfe sind in dem Gelenk vereinigt. Der größere wird von zwei Knochen der zweiten Karpalreihe gebildet (Kaput des Kapitatum, Korpus des Hamatum, Abb. 199b); er greift in die distal gerichtete Konkavität der

Abb. 198, 199b, 200 Doppelkopf u. Doppelpfanne

ersten Karpalreihe ein (Triquetrum, Lunatum und Navikulare, Abb. 198). Der kleinere Kopf gehört umgekehrt der ersten Karpalreihe an; er besteht lediglich aus einem Teil des Navikulare, welches in die vom Multangulum majus et minus gebildete Pfanne paßt. Die vier distalen Karpalia liegen mit glatten Seitenflächen fest aneinander und sind durch starke Bänder so gut wie unbeweglich miteinander verbunden. Die überknorpelte, zum Interkarpalgelenk gehörige Fläche dieser Knochenreihe (Abb. 199b) ist in der geschilderten Weise mit der ersten Reihe verzahnt.

Verzahntes Scharnier, Verkehrsfläche

Verzahnte Scharniere, wie etwa der Deckel eines Bierschoppens, sind einachsige Verbindungen mit nur einem Grad der Freiheit. Beim Handgelenk würden einer Scharnierbewegung im Interkarpalgelenk reine Volar- und Dorsalflexionen entsprechen. Fixiert man jedoch bei der Leiche künstlich alle übrigen Gelenke und läßt nur das Interkarpalgelenk frei, so kann man die ausgestreckte Spitze des Mittelfingers wie bei einem Kugelgelenk auf einer Verkehrsfläche hin und her bewegen (Abb. 200, violett). Die Verzahnung gibt also einem gewissen Wackeln der einzelnen Karpalknochen Spielraum. Zu den Bewegungen im Radiokarpalgelenk (rote Zone) kommen die im Interkarpalgelenk (violette Zone) hinzu. Die Gesamtbewegung im Handgelenk (blaue Zone) ist viel größer als eine der beiden Bewegungsflächen der Einzelkammern.

Man wird den Grund bei Betrachtung der Abb. 200b einsehen, wenn man beispielsweise annimmt, daß zuerst die Hand ausschließlich im Interkarpalgelenk so weit radial abduziert wird, daß der Mittelfinger gerade auf den Schnittpunkt der violetten mit der roten Grenzlinie der Bahnkugel zeigt. Sobald die Bewegung in der distalen Kammer diesen höchsten Anschlag erreicht hat, setze die radiale Abduktion in der proximalen Kammer ein; sie kann voll ablaufen, weil die proximale Kammer bis dahin unbenutzt war. Die Spitze des Mittelfingers bewegt sich deshalb auf dem gleichen Breitegrad radialwärts weiter, und zwar nach den Bestimmungen am Präparat so lange, bis die blaue Linie erreicht ist; so verhält es sich aber nach allen Richtungen hin: Überall überschreitet die blaue Verkehrsfläche die Grenzen der roten und violetten Zone.

Bei der abgebildeten Bewegungsfigur war die Verschieblichkeit der Karpalia der proximalen Reihe gegeneinander nicht künstlich gehemmt, dagegen war wohl das Radiokarpalgelenk durch eingetriebene Nägel ausgeschaltet. Nur in diesem Fall ist die Exkursionsgrenze der Bewegungen im Interkarpalgelenk am Präparat so beträchtlich. Es ist verständlich, daß die Verzahnung innerhalb des Gelenkes selbst um so weniger bremst, je mehr sich die beteiligten Knöchelchen gegeneinander verschieben können. Die proximalen Karpalia sind dazu besonders fähig, die distalen nicht; in welcher Weise die Verschiebungen ausgeführt werden, soll weiter unten erörtert werden, da sie von speziellen Bandverbindungen abhängig sind.

Bei einem Kriegsverletzten, den Herr Kollege Elze unter seinen Patienten herausfand, war durch einen Granatsplitter zufällig nur das Radiokarpalgelenk beschädigt worden, das Interkarpalgelenk dagegen völlig frei (Röntgenbefund). In diesem Fall entsprach die passive Beweglichkeit der Hand beim Lebenden hinreichend genau der in Abb. 200b nach dem Präparat festgestellten Verkehrsfläche (violett).

Die willkürliche Rotation im Interkarpalgelenk ist ebensowenig wie im Radiokarpalgelenk möglich, aber zu Zwischenbewegungen zwischen reinen Flexionen und reinen Abduktionen gesellt sich wie dort eine zwangsläufige Rotation hinzu. Auch bei passiven Bewegungen des Gelenkes bei dem erwähnten Kriegsverletzten erfolgte die Rotation mit Notwendigkeit.

Lage der Gelenkspalte beim Lebenden

Die Stelle des Interkarpalgelenkes ist äußerlich nicht so deutlich markiert wie die des Radiokarpalgelenkes. Am Rücken der Hand ist außer der proximalen, für das Radiokarpalgelenk charakteristischen Linie meistens eine zweite Querlinie deutlich, welche bei Normalstellung der Hand distal von ihr in einem Abstand von ca. 2 cm über den Handrücken läuft. Sie entspricht der Gelenklinie zwischen Karpus und Metakarpus. Das Interkarpalgelenk liegt in der Mitte zwischen der proximalen und distalen Hautlinie (Radiokarpal- und Karpometakarpallinie). Bei mageren Menschen entstehen zwischen beiden



Linien, wenn die Hand stark dorsalflektiert wird, mehrere Querfurchen. Die mittelste von ihnen entspricht etwa dem Interkarpalgelenk. Indirekt kann man auch volar die Stelle des Interkarpalgelenks nach den Hautfalten bestimmen. Die distale der beiden deutlichsten Falten überquert den vom Kapitatum und Hamatum gebildeten Gelenkkopf und entspricht also etwa im Mittel der Lage des gesamten Interkarpalgelenkes (Abb. 187).

Bei der Abgrenzung, die der Laie der Hand gegen den Unterarm zu geben pflegt, fällt nur die 2. Karpalreihe in die „Hand"; die erste Reihe wird in dem Teil zu suchen sein, welchen der Laie noch zum „Arm" rechnet. Man überzeuge sich durch genaues Abtasten am eigenen Körper von der Lage des Karpus in der Handwurzel, um sich vor Irrtümern zu schützen, welche durch laienhafte Vorstellungen entstanden sind und leicht haften bleiben.

Man kann an den Seitenrändern der Hand die Basis des Metakarpale I. am Daumen und des Metak. V. am Kleinfinger immer fühlen, fast immer auch die Basis des Metak. II. und III., deren Griffelfortsätze oft durch die Haut etwas vorspringen. Benutzt man diese Marken, so ist die Lage der oben genannten dorsalen Querfurche nicht mit anderen zu verwechseln.

Kapsel, Kommunikation mit Nachbargelenken

Die Gelenkkapsel des Interkarpalgelenkes ist eine Kapsel für sich und ganz selbständig gegen die Kapsel des Radiokarpalgelenkes. Sie ist unmittelbar an der Grenze des Knorpelbelages der beiden Karpalreihen befestigt. Volar ist der Abstand vom Ansatz der Kapsel des Radiokarpalgelenkes größer und deshalb deutlicher als dorsal.

An der Dorsalseite des Navikulare nähern sich beide Kapseln am stärksten. Zwischen den Ansätzen beider bleibt nur ein ganz schmaler Streifen des Knochens frei. Er ist am mazerierten Knochen leicht als schmale rauhe Leiste erkennbar und wird als einziger Rest der Dorsalseite des Knochens bezeichnet; denn die übrige Fläche ist abgeschrägt, und zwar proximal in die erste, distal in die zweite Handgelenkskammer einbezogen.

Der Gelenkraum ist weit verzweigt, weil sich Aussackungen des Gelenkes zwischen die beteiligten proximalen und distalen Karpalia einsenken (Abb. 198). Regelmäßig bestehen Kommunikationen mit dem Karpometakarpalgelenk (zwischen Multangulum majus und M. minus, häufig auch zwischen Multangulum minus und Kapitatum).

Die Zwischenbänder zwischen den proximalen Karpalia sind niedrig, so daß distal von ihnen Aussackungen des Interkarpalgelenkes zwischen den Knochen Platz haben. In seltenen Ausnahmefällen kann eine Kommunikation durch partiellen Schwund eines Zwischenbandes eintreten. In der Regel ist die Abgrenzung vollständig.

Das Zwischenband zwischen Kapitatum und Hamatum (Abb. 198), kann in seltenen Fällen so weit proximalwärts reichen, daß das Interkarpalgelenk in zwei Abteilungen zerlegt wird. So gut wie regelmäßig schließt dieses Band denjenigen Teil des Karpometakarpalgelenkes, mit welchem das Interkarpalgelenk kommuniziert, ab (an der Grenze zwischen Metakarpale III. und Metakarpale IV.). Eiterungen richten sich nach diesen Grenzen, solange die Bänder nicht durch den pathologischen Prozeß zerstört sind. Ein vereitertes Interkarpalgelenk widerstrebt wegen der vielen Buchten oft hartnäckig den Heilbestrebungen des Chirurgen. Besonders bei Entzündungen wurden auch Kommunikationen mit den Sehnenscheiden der Extensoren beobachtet oder kleine Divertikel zwischen den Sehnen, deren Wandung gelegentlich zu „Überbeinen" anschwillt. Alle abnormen Symptome (Schwellung durch Ergüsse, Eiterungen oder Blutungen) sind am Handgelenk dorsal am frühesten zu erkennen, weil das Lig. carpi dorsale dünner ist als die zahlreichen Bänder und Sehnen, die volar das Gelenk überlagern.

i) Die Verstärkungsbänder des Handgelenkes.

Gemeinsamer Drehpunkt für die Hand

Wir können uns für das Verständnis der Hemmungen einen gemeinsamen Drehpunkt für alle Bewegungen des Handgelenks im Kaput des Os capitatum denken (Abb. 198). Diese Vorstellung trifft zwar nicht streng zu wie beim Schultergelenk, wo in der Tat nur ein Drehpunkt in Betracht kommt,

aber sie kommt der Realität so nahe, daß wir sie der besseren Übersichtlichkeit wegen benutzen können. Die Bewegungen im Handgelenk, welche die gestreckte Hand mit der Spitze des Mittelfingers auf der Bahnkugel aufschreibt (Abb. 200a), sind danach Ausschläge eines doppelarmigen Hebels, dessen fester Drehpunkt im Kaput des Kapitatum sitzt. Der kürzere Hebelarm bekommt die nötige Freiheit durch die Verschiebungen in den beiden Kammern des Handgelenkes. Der lange Hebelarm reicht bis zur Fingerspitze und verstärkt deshalb an sich geringe Ausschläge des kurzen Armes ganz erheblich (siehe z. B. Abb. 210).

Die einzelnen Karpalia geben der Hand eine größere Bewegungsfreiheit, wie wenn an ihre Stelle eine einheitliche, gegen den Unterarm in einem einzigen Gelenk bewegliche Knochenplatte vorhanden wäre. Die Verstärkungsbänder der Kapseln sind so kurz und die Sehnen der Muskeln sind ihnen durch Führungen so fest angeheftet, daß die Handwurzelgelenke der Statistik nach trotz ihrer exponierten Lage und der starken Hebelkraft aller von außen angreifenden Kräfte zu den widerstandsfähigsten des Körpers gehören. Charakteristisch für die Festigkeit des Handgelenkes ist, daß eher der Radius bricht, als daß dem Gelenk etwas geschieht. Man hat dies früher verkannt, weil scheinbar die Handwurzel beim Fallen auf die vorgestreckte Hand sehr häufig zerbricht. Doch zersplittert dabei in Wirklichkeit das untere Radiusende. Diese Fraktur macht mit den Knöchelbrüchen am Fuß etwa ein Drittel sämtlicher Frakturen aus. Das Mosaik der Karpalia und die Art ihrer Verbindung ist also keineswegs ein bloßes Relikt früherer historischer Zustände (S. 302), sondern ein für die Beweglichkeit und Widerstandskraft der Handwurzel des jetzigen Menschen aktuell bedeutsamer Faktor.

Die einheitliche Bandmanschette der Handwurzel, Abb. 201, 202, 203

Die Verstärkungsbänder der Handwurzel sind zum Teil für das proximale und distale Handgelenk *gemeinsam* und werden deshalb hier im Zusammenhang beschrieben. Ich ziehe hinzu die Verstärkungsbänder für die Karpometakarpalgelenke, weil auch sie den Handgelenkbändern eng benachbart und stellenweise mit ihnen verflochten sind. Denn die Bandzüge, die hier zu behandeln sind, im *ganzen* betrachtet, überdecken die Handwurzel wie *eine einzige* straffe Membran, die sie allseitig umgibt (dorsal, volar, ulnar und lateral). Man sieht infolgedessen von den beiden Eigenkapseln der getrennten Kammern des Handgelenkes nichts, weil sie unter dem Bandapparat versteckt liegen, solange er intakt ist; nur wenige Knochenpunkte bleiben innerhalb der Verstärkungsmembran mehr oder weniger frei von Bandzügen (Abb. 202, 203). Erst durch genaue Präparation lassen sich aus der gemeinsamen Bandmanschette bestimmte Bänder herausstellen und gegen die Nachbarschaft begrenzen.

Es kommt dabei mehr darauf an festzustellen, daß bestimmte Knochenpunkte miteinander durch isolierbare, d. h. selbständige Faserzüge verbunden sind, als daß überall scharfe Grenzen von ganzen Zügen gegen andere Züge bestehen. Meistens gibt es zahlreiche Übergänge in den Grenzzonen, so daß die scharfen Trennungen etwas Künstliches haben. Dies ist nicht zu verwechseln damit, daß in Wirklichkeit und ohne jede künstliche Zutat bestimmte Knochen an extremen Ausschlägen durch bestimmt gerichtete Züge gehindert werden und wie das geschieht. An den Schemata der Abb. 201 deren Bandrichtungen genau der Natur entsprechen, ist dies leichter zu erkennen als an Bildern, bei welchen die Einzelheiten des Objektes getreu wiedergegeben sind (Abb. 202, 203).

Vier Gruppen von Bändern

Wir unterscheiden vier Gruppen von Bandverbindungen, welche in Abb. 201 mit schematischen Farben auseinandergehalten sind: 1. Bänder zwischen Unterarm und Karpus (blau), 2. Bänder innerhalb der beiden Reihen der Karpalia (rot), 3. Bänder zwischen Karpalia und Metakarpalia (grün), 4. Bänder zwischen den Basen der Metakarpalia (gelb).

Ligg. radiocarpea (Flächenbänder)

Die *erste Gruppe* (blau) entspringt vorwiegend vom Radius, dem eigentlichen Träger der Hand. Wir unterscheiden ein *Ligamentum radiocarpeum volare et dorsale*. Das volare Band (Abb. 201a, 202) besteht aus zwei Teilen: quergerichtete Züge inserieren am Lunatum und eventuell weiter ulnarwärts am Triquetrum, schräg gerichtete Züge inserieren am Kaput



des Kapitatum. Die schwachen Bandzüge von der Ulna zur ersten Karpalreihe, Lig. ulnocarpeum volare, verschmelzen gelegentlich mit dem Lig. radiocarp. vol. zu einem bogenförmigen Bandzug (Lig. arcuatum volare).

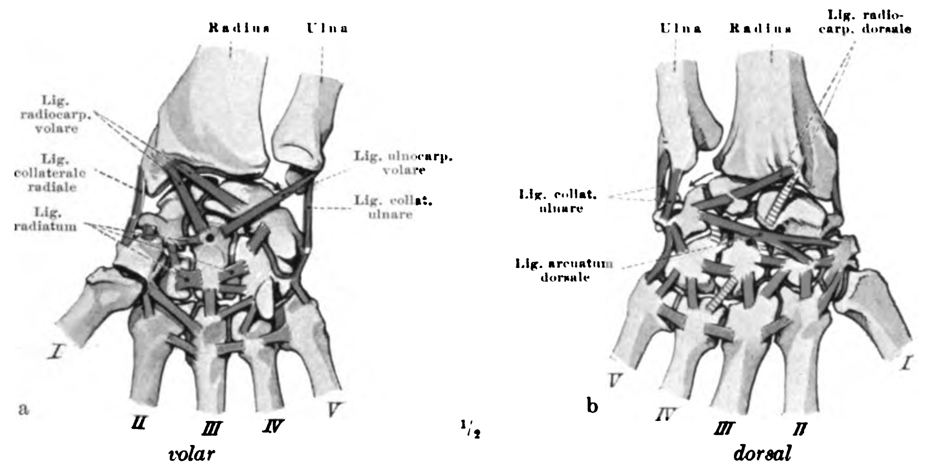


Abb. 201. Hemmungsbänder der Handwurzel mit schematischen Farben. Blau: Bänder zwischen Unterarm und Karpalia; rot: Bänder zwischen den einzelnen Karpalia; grün: Bänder zwischen Karpalia und Metakarpalia; gelb: Bänder zwischen Metakarpalia. Wegen der Karpalia vgl. Abb. 187. Die inkonstanten Bänder sind farbig gestrichelt. Unterarm in Supinationsstellung.

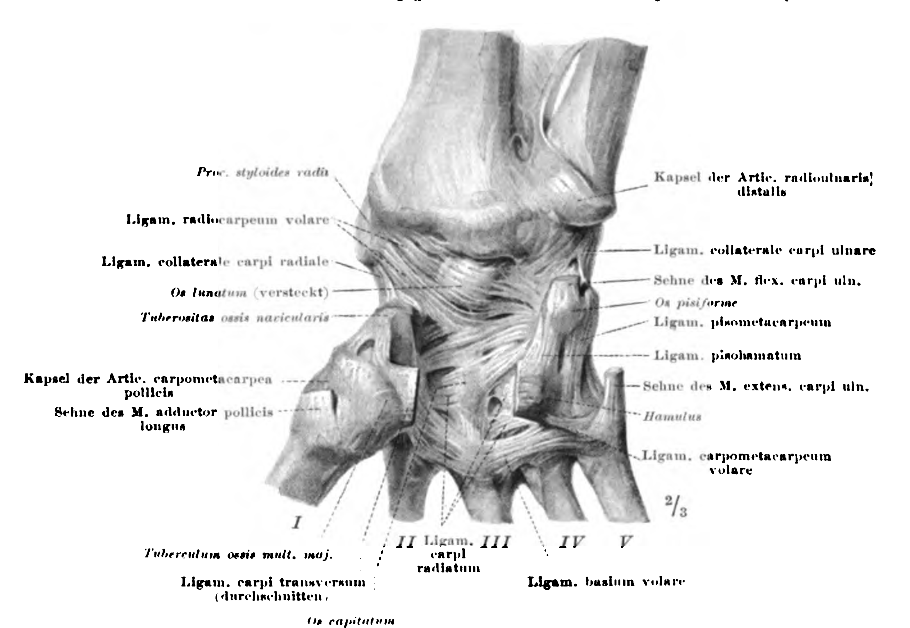


Abb. 202. Bänder des Handtellers. Unterarm in Supinationsstellung. Das Lig. carpi transversum bis auf seine Ansätze am Knochen entfernt, vgl. Karpalia mit Abb. 187.

Das dorsale Band (Abb. 201 b, 203) besitzt regelmäßig den Teil, welcher dem Querzug des volaren Bandes entspricht; er inseriert mit tiefen Zügen am Lunatum und mit oberflächlichen Zügen am Triquetrum. Gelegentlich kommt auch ein schräger Teil vor, der wie die entsprechenden volaren Züge zum Kaput des Kapitatum oder eine Strecke weit in dieser Richtung verläuft.

Die Orientierung aller dieser vom Radius entspringenden Bandzüge ist für ausgiebige radiale Abduktionen der Hand im Radiokarpalgelenk möglichst ungünstig. Denn schlägt der lange Arm des Hebels daumenwärts aus, so verschiebt sich der kurze Hebelarm der Hand entgegengesetzt auf die Ulna zu (z. B. Lunatum in Richtung des Pfeiles Abb. 198). Gerade für diese Bewegung sind das dorsale und volare Lig. radiocarp. Zügel, welche starke Ausschläge verhindern.

Von der Ulna her fehlen entsprechende Zügel, besonders dorsal; sie sind, falls sie vorkommen, sehr schwach. Die ulnare Abduktion ist deshalb weniger gehemmt als die radiale Abduktion. An der roten Zone der Abb. 200b ist zu erkennen, wie viel ausgiebiger ulnare Abduktionen im Radiokarpalgelenk sind als radiale (erstere betragen fast 20 Grad, letztere nur wenig mehr als 10 Grad). Man hat die Gesamtverschiebung des Lunatum im Radiokarpalgelenk auf 1 cm berechnet.

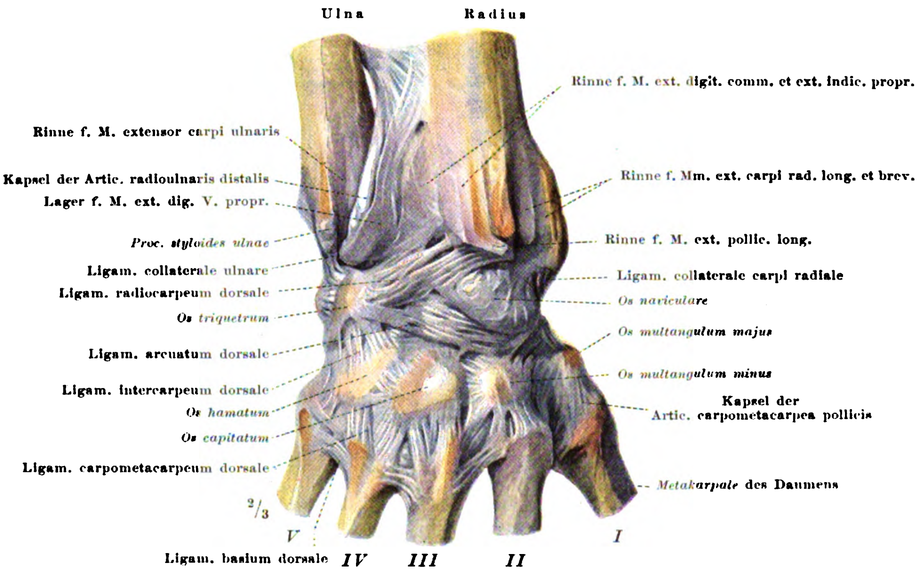


Abb. 203. **Bänder des Handrückens.** Unterarm in Supinationsstellung.

Bei radialer Abduktion wirken die schrägen Bündel, welche zum Kaput des Kapitatum ziehen, zum Teil hemmend auf die zweite Karpalreihe, nur ist ihr Moment geringer.

Unsere Bänder hemmen auch die Flexionen der Hand. Die schrägen zum Kapitatum verlaufenden Züge sind am wirksamsten; da sie volar regelmäßig vorhanden sind, so ist die Dorsalflexion stärker gehemmt als die Volarflexion. Die Hemmung betrifft die proximale Handgelenkkammer.

An der Hand des Lebenden ist festgestellt worden, daß Dorsalflexionen im Radiokarpalgelenk nicht einmal den halben Winkelausschlag der Volarflexionen ergeben (beim Bänderpräparat Abb. 200b, rote Zone: dorsal ca. 20 Grad, volar ca. 60 Grad).

In seltenen Fällen ist der M. pronator quadratus bis auf die Handwurzelbänder fortgesetzt. Es können sich sogar im Lig. radiocarp. vol. Skelettmuskelfasern zwischen den Bandzügen finden, die wahrscheinlich vom Pronator abstammen. Zwischen den Zügen des dorsalen Bandes liegen die Aussackungen der beiden Gelenkkapseln (Überbeine).

Ligg. collateralia (Seitenbänder)

Vom Unterarm geht noch eine zweite Art von Hemmungsbändern aus (blau). Sie sind Seitenbänder zum Unterschied von den vorgenannten Flächenbändern. Man nennt sie Ligamentum collaterale carpi radiale

und Ligamentum collaterale carpi ulnare (Abb. 201, 202, 203). Die Beiwörter „radiale" und „ulnare" bezeichnen die Ursprünge am Radius bzw. an der Ulna (von den Griffelfortsätzen der beiden Unterarmknochen). Das radiale ist kürzer und stärker als das ulnare. Beide inserieren nur an proximalen Karpalia, das erstere am Navikulare (distal bis zur Tuberositas ossis navic.), das letztere am Pisiforme und Triquetrum. Sie hemmen die Abduktionen der Hand. Das kürzere und stärkere Lig. coll. rad. und das dünne Lig. coll. uln., das oft blättrigfaserig und mit Synovialaussackungen durchsetzt ist, lassen den ulnaren Abduktionen im Radiokarpalgelenk einen beträchtlicheren Spielraum als den radialen.

Man vergesse nicht, daß der Abstand zwischen dem Proc. styl. uln. und dem Karpus wegen des zwischen gelagerten Discus articularis besonders groß ist, daß daher ein langes Band an dieser Stelle stärker hemmen kann als ein kürzeres auf der radialen Handwurzelseite. Außerdem gleicht die quere Richtung der Flächenbänder als wichtiger Faktor für die Hemmung der radialen Abduktion die Schwäche des ulnaren Seitenbandes aus. Seiten- und Flächenbänder stehen in enger Korrelation zueinander und sind nur gemeinsam zu verstehen. Daraus erklären sich gelegentliche Reduktionen der Seitenbänder. Für die Flexionen haben die letzteren keine Wichtigkeit.

Ligg. intercarpalia volaria (Flächenbänder)

Die zweite Gruppe, die Bandverbindungen der Karpalia untereinander (rot), besteht aus volaren und dorsalen Flächenbändern. Es kommen hinzu Binnenbänder, die zwischen den Knochen liegen und deshalb nur sichtbar zu machen sind, wenn die Flächenbänder entfernt und die Gelenke geöffnet werden. Ich beschreibe sie erst weiter unten im Zusammenhang mit den Zwischenknochenbändern der folgenden beiden Gruppen.

Die volaren Flächenbänder haben einen Sammelpunkt im Os capitatum. Züge von allen Nachbarknochen der 2. und 1. Karpalreihe laufen hier strahlig zusammen, deshalb Ligamentum radiatum genannt (Abb. 201a, 202). Die Fasern können zum Teil vom Triquetrum über das Kapitatum hinweg direkt zum Navikulare ziehen und das Lig. arcuatum volare fortsetzen oder ersetzen. Verbindungen zwischen Lunatum und Kapitatum fehlen gewöhnlich; statt ihrer gibt es das Lig. radiocarp. volare. Außer den langen Fasern des Lig. radiatum gibt es tiefliegende kurze Ligg. intercarpalia volaria, welche die andern Karpalia außer dem Kopfbein je zu zweit miteinander verbinden. Sie sind von den langen Fasern des Lig. radiatum und des Lig. radiocarpeum, eventuell des Lig. ulnocarpeum bedeckt (Abb. 202). Alle diese Züge verhindern ein Klaffen der Gelenkspalten zwischen den Karpalia, gestatten aber ein Gleiten der Knöchelchen durch planparallele Verschiebungen der überknorpelten Seitenflächen gegeneinander. Das Kapitatum ist das Zentrum dieser Bewegungen und kann deshalb als feststehender Drehpunkt für die Bewegungen im Handgelenk betrachtet werden.

Ligg. intercarpalia dorsalia (Flächenbänder)

Schwächer als die volaren Flächenbänder sind die dorsalen (Abb. 201b, 203, rot). Sie sind auf das Triquetrum zentriert. Ein langes Band fehlt fast nie, welches im Bogen von den radialen Randknochen der ersten und zweiten Karpalreihe (Navikulare und Multangulum majus oder nur letzteres) zum Triquetrum hinüberzieht und dabei das Kapitatum und Hamatum überspringt. Es heißt Ligamentum arcuatum dorsale (L. obliquum). Distal abzweigende Seitenzüge befestigen sich am Multangulum minus, eventuell auch am Kapitatum und Hamatum. Sie verhindern, daß die langen Bögenzüge vom größeren der beiden Gelenkköpfe des Interkarpalgelenkes (S. 393) abgleiten können. Wird nämlich die Hand volar flektiert, so stemmt sich jener zur 2. Karpalreihe gehörige Gelenkkopf des Interkarpalgelenkes gegen das Lig. arcuatum und findet hier ein festes Widerlager, so daß er im wesentlichen das fixe Zentrum für die Bewegungen in der Handwurzel abgeben kann (Dreh-



punkt). Durch das Lig. radiatum auf der Volarseite werden, wie wir sehen, die Gleitbewegungen der Karpalknochen untereinander nach diesem Zentrum gerichtet. Beide Apparate arbeiten dauernd zusammen.

Außer den langen oberflächlichen Zügen gibt es unter ihnen versteckt liegende kurze Ligg. intercarpea dorsalia, welche die Nachbarknochen je zu zweit untereinander verbinden und ein Klaffen der Gelenkspalten verhindern. Die Verbindungen zwischen den Knochen der ersten und zweiten Karpalreihe fehlen meistens; sie sind durch die langen Fasern des Lig. arcuatum dorsale und des Lig. radiocarpeum dorsale vertreten.

Alle volaren und dorsalen Verstärkungsbänder dieser Gruppe hemmen zu starke Flexionen und Abduktionen, indem sie das Klaffen der Gelenkspalten verhindern.

Ein kurzes dorsales Lig. intercarp. zwischen Lunatum und Triquetrum (Abb. 201 b, rot) setzt das Lig. radiocarp. dorsale fort, ist oft von ihm nicht getrennt und wird dann mit zu letzterem gerechnet.

Es gibt keine eigentlichen Seitenbänder zwischen der ersten und zweiten Karpalreihe. Volar setzen Flächenbänder zwischen dem Navikulare und Multangulum majus das Lig. collat. radiale distalwärts fort; dorsal verhalten sich ähnlich zum Lig. coll. ulnare die Züge zwischen dem Triquetrum und Hamatum (die auf das Metacarp. V. fortgesetzt sind).

Außer den genannten Interkarpalverbindungen tragen noch andere Ligamente zur Hemmung der Bewegungen bei, welche hauptamtlich zu den Muskeln in Beziehung stehen. Die Sehne des M. flexor carpi ulnaris inseriert am Os pisiforme (Abb. 202). Dieser Knochen ist ein Sesambein, das in die Sehne eingeschaltet ist. Die Fortsetzungen der Sehne zum Karpus heißen: Ligamentum pisohamatum und Ligamentum pisometacarpeum Diese beiden „Bänder" übertragen die Muskelwirkung auf die 2. Karpalreihe (Hamatum) und den Metakarpus (Metac. V.) und bewegen so die Hand. Aber sie hemmen auch die Dorsalflexionen und radialen Abduktionen der Hand.

Akzessorische Hemmungen

Das Lig. carpi transversum ist ein tiefes Derivat der oberflächlichen Armfaszie, welches an den beiden Eminentiae carpi Anschluß gefunden hat, den Fuß des Karpalgewölbes zusammenhält und den rinnenförmigen knöchernen Karpus zum osteofibrösen Canalis carpi abschließt (Abb. 199). Dieser Kanal ist in erster Linie eine Führung für die Sehnen der Hand- und Fingermuskeln, die am Arm entspringen. Da das Band sich zum knöchernen Bogen der Karpalknochen wie eine gespannte Sehne verhält, so unterstützt es auch die hemmende Wirkung der eigentlichen Verstärkungsbänder des Handgelenkes.

Das Lig. carpi commune (volare et dorsale Abb. 178, 182), welches in die oberflächliche Faszie eingewebt ist und zu den Knochen gar keine direkte Beziehungen hat, hemmt ebenfalls die Knochenbewegungen, und zwar unterstützt der volare Teil die Hemmung der Dorsalflexionen, der dorsale Teil die der Volarflexionen. Da die beiden volaren Bänder (Lig. carpi transv. und Lig. c. vol.) viel stärker sind als das eine dorsale (Lig. c. dors.), so ist auch die akzessorische Hemmung für Dorsalflexionen kräftiger als für Volarflexionen. Wir machen uns dies instinktiv zunutze durch Vorstrecken des Handtellers beim Fall nach vorn. Denn beim Aufprallen auf den Boden wird die Stärke der gesamten volaren Hemmungsbänder zum Schutz des Handgelenkes ausgenutzt. Umgekehrt können die dorsalen Hemmungsbänder so viel Spielraum geben, daß gelegentlich sogar die Fingerspitzen mit wenig Nachhilfe den Unterarm erreichen.

Die dorsalen Bänder der Handwurzel sind so dünn, daß man zwischen den Sehnen der Strecker die Gelenkspalten bestimmen kann. Die wichtigsten Knochenpunkte sind in Abb. 203 abgebildet. Man fühlt auch den Puls der Arteria radialis, die zwischen den Sehnen und der Kapsel liegt (in der Tiefe darunter das Multangulum majus und M. minus.)

Ligg. carpometacarpalia (Flächenbänder)]

Die dritte Gruppe umfaßt die Karpometakarpalverbindungen (grün). Sie zerfallen in volare und dorsale Flächenbänder und in Binnenbänder zwischen den Knochen. Letztere werden weiter unten besonders beschrieben. Die Flächenbänder (Abb. 201—203) sind alle kurz und straff. Sie verlaufen längs, quer oder schräg, sind volar zum Teil mit dem Ligamentum radiatum verwachsen und ergänzen den Stern, der ihm den Namen gibt (der Stern besteht aus blauen, roten und grünen Zügen im Sinne der durch diese



Farben angegebenen Bandkategorien, Abb. 201a; sie konvergieren auf das Kapitatum). Die Metakarpalia II., III. und IV. korrespondieren dorsal mit je zwei distalen Karpalia; infolgedessen gibt es mehrere Ligg. carpometacarpalia zu ihrer Basis (2 oder 3 Stück). Volar konvergieren 3 oder 4 Bändchen zum Mtc. III., weil dieses dem Schlußstein der Wölbung des Karpus entspricht. Die andern Metakarpalia haben in der Regel nur je ein Lig. carpometac. Die dorsalen und volaren sind gleich dick. Sie hemmen die Bewegungen in den Karpometakarpalgelenken so sehr, daß Mtc. II. und Mtc. III. ganz unbeweglich sind. Passive Beweglichkeit ist beim Mtc. IV. in geringem, beim Mtc. V. in etwas größerem Maß vorhanden. Aber für aktive Bewegungen kommt das praktisch nicht in Betracht.

Das Karpometakarpalgelenk des Daumens ist dagegen ein sehr frei bewegliches Gelenk. Bei ihm fehlen auch die kurzen Karpometakarpalbänder. Seine Gelenkkapsel ist im ganzen fest und durch die aufliegenden Muskelsehnen verstärkt.

Ligg. basium (Flächenbänder)

Die vierte Gruppe (gelb), die Bänder zwischen den Basen der Metakarpalia, läßt sich entsprechend den beiden vorigen einteilen. Die Ligamenta basium volaria (Abb. 201a, 202) schließen so dicht an die ihnen gleich gerichteten volaren Karpometakarpalbändchen an, daß hier nur eine künstliche Trennung möglich ist. Die Ligg. bas. dorsalia (Abb. 201b, 203) sind deutlicher gegen die Nachbarn durch ihre Faserrichtung abgegrenzt. Beide Fasergruppen vereinigen nicht nur die Metakarpalia der dreigliedrigen Finger zu einem unbeweglichen Komplex, sondern versteifen auch die Amphiarthrosen zwischen Karpus und Metakarpus. Zwischen dem Metakarpale des Daumens und Zeigefingers fehlen sie gewöhnlich, oder sie sind doch so schwach, daß die Beweglichkeit des Daumens nicht gehindert ist.

Ligg. interossea (Binnenbänder)

Zu der 2.—4. Gruppe der Verstärkungsbänder der Handwurzel gehören Binnenbänder, die ganz versteckt zwischen den einander zugewendeten Flächen der Knochen eingekeilt liegen. Wir haben sie für eine gemeinsame Behandlung zurückgestellt. Es gibt Ligamenta interossea (Abb. 198, blau) zwischen den drei am Handgelenk beteiligten proximalen Karpalia, ferner ein Lig. inteross. zwischen Kapitatum und Hamatum, das in der Regel bis zwischen Mtc. III. und IV. fortgesetzt ist, gelegentlich auch ein Interkarpalband dieser Art zwischen Kapitatum und Multangulum minus. Endlich gibt es Ligg. basium interossea zwischen je zwei Metakarpalia (häufig mit Ausnahme des Metacarpale pollicis). Die Bändchen sind verschieden straff.

Alle Verbindungen der Metakarpalia mit Karpalknochen hemmen Bewegungen, während die Ligg. intercarpalia interossea ein Gleiten der Karpalia aneinander in geringem Umfang zulassen.

k) Die Handwurzelknochen.

Abb. 157, 174, 175, 187, 198, 199

Die Form der einzelnen Handwurzelknochen, Ossa carpalia, kann im allgemeinen mit einem Würfel verglichen werden, ist aber bei einigen entsprechend der Gestalt und dem Abstand der beiden Handgelenkskammern recht abweichend von dieser Grundform. Muskelinsertionen kommen nur an einem einzigen Punkt, dem Hamulus des Hamatum, vor (außer am Pisiforme, das als Sesambein nur für seinen Muskel da ist). Auf der Dorsalseite fehlen auch Muskelursprünge; sie sind auf der Volarseite in größerer Ausdehnung vorhanden (Abb. 174, 175). Sie gehören sämtlich zu den kurzen Handmuskeln. Ich gebe im folgenden eine Übersicht der wichtigsten Details.

Karpalia der proximalen Reihe

Das Kahnbein, Os naviculare, ist nach dem Radius zu konvex (Abb. 199a), nach der Pfanne für den distalen Gelenkkopf des Interkarpalgelenkes zu konkav und liegt hier dem Kaput des Kapitatum an (Abb. 187). Eine zweite konvexe Fläche



bildet den proximalen Gelenkkopf des doppelköpfigen Interkarpalgelenkes und liegt dem Multangulum majus und M. minus an. Ein Teil der volaren, radialen und dorsalen Fläche ist unverknorpelt; doch ist die dorsale „Fläche“ nur ein schmaler Streifen. An die Volarseite setzt sich neben der Gelenkfläche für das Multangulum minus ein glatter Knochenvorsprung für Band- und Muskelbefestigungen an, Tuberositas ossis navicularis (Abb. 174). Der Knochen ossifiziert von zwei Zentren aus. Bleibt die Vereinigung ausnahmsweise aus (Abb. 159), so sind die beiden Knochen knorpelig vereinigt. Das Röntgenbild kann jedoch eine Fissur vortäuschen. Umgekehrt können alte Fissuren bei mazerierten Knochen mit Hemmungsbildungen verwechselt werden. Über den Einbezug des Zentrale siehe S. 303 und Abb. 157c.

Das Mondbein, Os lunatum, ist konvex nach dem Radius, konkav nach dem Kapitatum zu (Abb. 187, 199a). Nur die volare und dorsale Fläche sind unverknorpelt, letztere auf einem viel kleineren Bezirk als erstere. Dem Knöchelchen haftet an keiner Stelle ein Muskel an. Es kann als Schlußstein des Karpalbogens am leichtesten aus dem Verband der übrigen Karpalia herausgetrieben werden (Luxation).

Das Dreiecksbein, Os triquetrum, wendet die Spitze dem ulnaren Rand der Handwurzel zu (Abb. 187). Eine Gelenkfläche schaut nach dem Lunatum, eine nach dem Ligamentum collaterale ulnare (Abb. 201a). Die Volarseite trägt eine dritte Gelenkgrube, in welcher das Pisiforme ruht. Auch dem Triquetrum haftet an keiner Stelle ein Muskel an. Sonst sind bei allen Karpalia Muskelbefestigungen vorhanden.

Das Erbsenbein, Os pisiforme, ist rundlich (Abb. 187). Überknorpelt ist es nur an einer kleinen Stelle, mit welcher es in einem eigenen Gelenk auf der Gelenkfläche des Triquetrum befestigt ist (Abb. 199a). Die Verstärkungsbänder der Kapsel sind nicht straff, so daß das Knöchelchen recht beweglich auf seiner Unterlage ist. Als Sesambein für die Sehne des M. flexor carpi ulnaris, in die es eingelassen ist, kommt es durch diesen Motor in Bewegung, bis die Fortsetzungen der Sehne zum Hamatum und Metakarpale V. gespannt sind (Ligamentum pisohamatum und Lig. pisometacarpeum, Abb. 202).

Karpalia der distalen Reihe

Das große Vielecksbein, Os multangulum majus, hat eine sattelförmige Gelenkfläche für das Metakarpale des Daumens (Abb. 187, Nr. 1), eine zweite überknorpelte Fläche für das Navikulare (Abb. 199b), eine dritte für das Multangulum minus (Abb. 198) und eine vierte für das Metakarpale II. (Abb. 187). Die volare, radiale und dorsale Fläche sind rauh. Die volare Fläche hat einen Vorsprung für Band- und Muskelbefestigungen, Tuberositas (Abb. 174), und einen Sulcus für die Sehne des M. flexor carpi radialis (Abb. 199b). Die dorsale Fläche ist mit je einem Höckerchen an der radialen und ulnaren Ecke besetzt, welche die Rinne für die Sehnen von Daumenmuskeln begrenzen (Abductor pollicis longus und Extensor policis brevis).

Das kleine Vielecksbein, Os multangulum minus, ist der kleinste Handwurzelknochen (Abb. 187, Nr. 2). Er hat Gelenkflächen für das Multangulum majus, Navikulare (Abb. 199b), Kapitatum und Metakarpale II. Die volare und dorsale Fläche sind rauh, erstere als Ursprungsfläche für kurze Daumenmuskeln (Abb. 174).

Verknöcherungstermine

Das Kopfbein, Os capitatum, ist der größte Handwurzelknochen (Abb. 187, Nr. 3). Der distale Kopf des doppelköpfigen Interkarpalgelenkes wird zum größeren Teil von einem gerundeten Vorsprung des Knochens, Caput, gebildet (Abb. 199b). Die überknorpelte Gelenkfläche paßt in die Höhlung des Navikulare und Lunatum (Abb. 198). Der Kopf ist durch einen verjüngten Abschnitt, Collum, mit dem Körper des Knochens verbunden. Letzterer trägt eine distale Gelenkfacette (für das Metakarpale III.), zwei radiale (für das Metakarpale II. und das Multangulum minus) und zwei ulnare Facetten (für das Metakarpale IV. und das Hamatum, Abb. 187). Die Volar- und Dorsalflächen sind rauh, erstere mit Muskelursprüngen (Abb. 174). Das Köpfchen des Kapitatum kann in pathologischen Fällen, wenn die dorsalen Verstärkungsbänder nachgeben, aus der Pfanne in der ersten Karpalreihe heraustreten und dorsalwärts luxieren.

Das Hakenbein, Os hamatum (Abb. 187, Nr. 4), ist charakterisiert durch einen platten, volar gerichteten Vorsprung, Hamulus. Er ist entsprechend dem Canalis carpi gebogen (Abb. 199b). Der Körper des Knochens hat je eine überknorpelte Fläche für das Kapitatum, Triquetrum, Metakarpale IV. und Mtc. V. (Abb. 187). Die Volar- und Dorsalfläche sind rauh. Als Muskelinsertion dient das Lig. pisohamatum. Ursprünge von kurzen Kleinfingermuskeln (Abb. 174).

Die Entwicklung der Handwurzelknochen ist gegenüber allen anderen Knochen der oberen Extremität sehr verspätet. Zur Zeit der Geburt sind alle noch knorpelig. Jedes verknöchert im allgemeinen von einem Ossifikationszentrum aus; das Navikulare hat gelegentlich deren zwei, seltener sind zwei auch bei den

andern beobachtet. Später sind die Karpalia in der Norm immer einheitlich. Der Knochenkern für das Kapitatum und später der für das Hamatum erscheinen im ersten Lebensjahr; im 2.—3. Jahr verknöchert das Triquetrum, im 4. Jahr das Lunatum, im 5. das Navikulare, zwischen 4. und 6. das Multangulum majus und minus, erst im 10.—12. Jahr das Pisiforme.

7. Arm und Hand als Ganzes in Ruhe und Bewegung.

a) Allgemeines.

Arm und Hand getrennt von Schulter und Fingern betrachtet

Mehr noch als bei anderen Teilen unseres Körpers müssen wir hier auf die biologische Korrelation der aktiven und passiven Bestandteile achten, die wir im vorhergehenden stückweise betrachteten. Denn Arm und Hand sind etwas Ganzes, ein Hebelsystem, das wir in Gegensatz stellen zu der früher beschriebenen beweglichen Plattform (Schulter), auf der es wie ein Kran aufgestellt und mit der es verschieblich ist; das ferner im Gegensatz steht zu dem eigentlichen Greiforgan, mit dem es endigt (Finger). Schultergürtel und Finger sind etwas für sich; sie unterstützen zwar das Hebelsystem von Arm und Hand, da dessen Aktionsradius nicht unwesentlich durch die Verschiebungen des Schultergürtels und durch die Verlängerung der Hand mittels der gestreckten Finger vergrößert werden kann. Man denke nur an das Emporrecken des Armes beim Zeigen. Sie haben aber vor allem ihre Eigenaufgaben, welche für die Finger in einem späteren Abschnitt gesondert behandelt sind.

Verwendbarkeit des Arm- und Handhebels

Der Arm und die Hand selbst sind ein allseitig bewegliches Hebelsystem, dessen Verwendbarkeit beim Menschen die höchste Vollkommenheit erreicht hat. Es sind nicht nur animalische Verrichtungen beim Stützen, Ziehen, Schieben des Körpers, beim Essen, Säubern, Schützen, Kämpfen, sondern alle Übergänge von solchen zu geistigen Beschäftigungen, endlich rein psychische Vorgänge, an welchen Arm und Hand ihren charakteristischen und vielfach ganz unentbehrlichen Anteil haben, wie Schreiben, Kunstfertigkeiten mancherlei Art, Pantomimik und vieles andere. Die staatliche Beurteilung der Erwerbsbeeinträchtigung (z. B. nach Verstümmelungen im Kriege) lehrt, wie hoch Arm und Hand bei einem gesunden Mann im bürgerlichen Leben in den besten Jahren bewertet werden.

Verlust des bevorzugten Armes (bei Rechtshändern des rechten) ist mit 75% der gesamten Erwerbsfähigkeit festgesetzt. Zum Vergleich sei erwähnt, daß Blindheit auf einem Auge zu $33^{1}/_{3}$%, auf beiden Augen zu 100% berechnet wird, Taubheit auf beiden Ohren von 50% aufwärts, Stummheit zu $66^{2}/_{3}$%. Glatter Verlust der Arbeitshand beträgt 70%; Versteifung des Handgelenkes in der nicht ungünstigen halben Beugestellung (bei Erhaltung der Fingerbeweglichkeit) 60%; Verletzungen der Gelenke, wenn diese zwar ausgeheilt sind, aber doch nach körperlichen Anstrengungen anschwellen, nicht unter $33^{1}/_{3}$%. Die Zahlen für die bürgerlichen Unfallrenten reden eine ähnlich deutliche Sprache.

Sehr bemerkenswert ist, in welcher Weise verlorene Glieder vom Orthopäden durch künstliche Prothesen ersetzt werden. Nicht die Kunstarme, welche vielfach nur den Zweck haben, die normale äußere Form zu imitieren und den Verlust zu verdecken, meine ich hier („Sonntagsarm“), sondern die Ersatzstücke, welche nutzvolle Gelenkbewegungen für Handwerker usw. dem Lebenden nachbilden („Arbeitsarm“). Studiert man solche Prothesen näher, so tritt an ihnen besonders deutlich hervor, wie sehr der Orthopäde den hier besprochenen Bewegungsapparat (Ellenbogen- und Handgelenk) als eine E i n h e i t nachbildet. Die Finger werden oft nur durch einen Haken ersetzt, der für das zu erfassende Instrument passend geformt ist, oder durch das Instrument selbst. Das künstliche Hebelsystem wird vielfach viel kürzer ausgeführt als die natürliche Länge von Arm und Hand, weil die künstlichen Gelenke sonst zu leicht unter der Hebelkraft nachgeben.

Formanalyse des Ganzen

Passive und aktive Teile des Bewegungsapparates greifen in höchst wechselnder Weise ineinander, um das, was an einem Ort an Veränderung möglich ist, mit Veränderungen an anderen Orten immer wieder anders zu kombinieren.



Die Form der Teile in Ruhe und Bewegung ist aber nichts anderes als der Ausdruck dieser Vielgestaltigkeit, deren Einzelteile zwar wichtige Bausteine für das Ganze sind, ohne Formanalyse des Ganzen aber nicht eigentlich biologisch erfaßt werden können. Ich habe bereits früher darauf hingewiesen, wie die Pro- und Supination im Unterarm bald die Freiheit des Ellenbogengelenkes, bald die des Handgelenkes erweitern kann (S. 377). Wie Muskeln, Knochen und Bänder im lebendigen Getriebe des Körpers in diesen und in vielen anderen Fällen bei Arm und Hand ineinandergreifen, haben wir jetzt zu betrachten.

b) Die verschiedenen Stellungen des Armes und der Hand und ihre natürliche Form.

Schlanke Form bei Bewegungen möglichst gewahrt

Die Knochen und Muskeln sind so angeordnet, daß die Form von Arm und Hand in allen Stellungen sich nur wenig ändert und möglichst schlank bleibt. Besonders charakteristisch dafür ist die Ähnlichkeit des Gesamtkonturs des Unterarmes auf Querschnitten durch das pronierte und supinierte Glied (Abb. 165b), trotzdem die Knochen und Muskeln in beiden Stellungen im einzelnen beträchtliche Lageverschiedenheiten aufweisen. An der Handwurzel bleiben die Sehnen durch feste osteofibröse Führungen in ihrer Lage fixiert trotz aller Winkelstellungen der Hand gegen den Unterarm, die ohne solche Einrichtungen ein Anschwellen der Handwurzel zu unförmlichen Dicken herbeiführen müßten. Am Ellenbogen ist ähnliches dadurch erreicht, daß die Muskelursprünge und -insertionen nahe dem Drehpunkt befestigt sind. Die knapp bemessenen Formen sind vom Standpunkt der Technik aus wahrhaft staunenswert. Die Kraftmaschinen unserer Ingenieure arbeiten dagegen meist mit einer ungeheuren Raumverschwendung, wie etwa die Lokomobile neben der Dreschmaschine. Der Flugmotor oder die moderne Turbine kommen den knappen Massen der Kraftmaschinen unseres Körpers schon näher.

Einzig der M. brachioradialis am Ellenbogen macht eine Ausnahme, wenn er besonders hoch am Humerus entspringt. Bei Flexionen wird durch ihn die Ellenbogenbeuge überhöht (Abb. 164) und statt der schlanken Form eine plumpere erzeugt. Es ist nicht uninteressant, daß bestimmte Kunstrichtungen dies als nicht stilrein empfinden und in der Wiedergabe des menschlichen Körpers vermeiden. Je tiefer der Brachioradialis am Humerus entspringt, um so schlanker bleibt der Arm in gebeugter Lage.

Die Muskeln liegen so zum Skelett, daß der Oberarm seitlich, der Unterarm von vorn nach hinten abgeplattet sind (Abb. 165), und daß am Handgelenk nur Sehnen liegen, kein Muskelfleisch. Die Lage der Sehnen zum Knochen ist rein dorsal und ventral. Die Unterarmknochen sind deshalb an den Seitenrändern des Handgelenkes am wenigsten von Sehnen bedeckt. In der Hand kommen zu den langen Muskelsehnen noch zahlreiche kurze Muskeln hinzu, welche die Form im einzelnen mitbestimmen. Sie gehören zu den Fingern und werden in einem späteren Abschnitt beschrieben.

Ruhelage des Armes in verschiedenen Stellungen

Die Muskeln sind um die Knochen nicht gleichmäßig verteilt, sondern an der einen Seite eines jeden Abschnittes ist das Gesamtgewicht der Muskulatur größer als auf der anderen Seite. Infolgedessen hat jeder Abschnitt seine Ruhelage, die er unabhängig von der aktiven Kontraktion der Muskeln einzunehmen sucht. Einzig das Übergewicht der Muskeln, gemessen an der reinen Masse und der natürlichen Spannung (Tonus) bewegt den Arm so, daß jeder Teil von jeder beliebigen Ausgangsstellung in die Ruhelage übergeht. Die Ruhelage ist aber für jede Stellung des ganzen Körpers eine andere; denn die Muskelgewichte werden den zugehörigen Abschnitt solange verschieben, wie die Schwerkraft auf sie einwirkt, also bei senkrechtem Arm im Stehen anders als etwa bei wagerechtem Arm im Liegen.



Hält man den Unterarm wagerecht, so wird die Hand in Volarflexion heruntersinken, falls der Unterarm in Pronation steht; sie wird sich in Dorsalflexion stellen, falls der Unterarm in Supination steht, schließlich in Abduktion, falls vom Unterarm eine Zwischenstellung zwischen Pro- und Supination eingehalten wird. Die Zahl der Ruhelagen ist für jeden Abschnitt unendlich groß.

Kennzeichen des ruhig herabhängenden Armes

Der herabhängende Arm beim ruhig in aufrechter Körperhaltung dastehenden Menschen ist im Oberarm etwas nach einwärts gedreht, aber senkrecht gestellt, im Vorderarm leicht gebeugt und so weit proniert, daß der Handteller dem Oberschenkel zugewendet ist (Abb. 132); die Fingerglieder sind leicht eingeschlagen. Die senkrechte Stellung des Oberarmes beruht darauf, daß das Gewicht des Armes größer ist als die Spannung des Deltamuskels; dieser wird passiv gedehnt. Die Rotation des Oberarmes verrät das größere Gewicht seiner Innenrotatoren gegenüber den Außenrotatoren (zu ersteren gehören Muskeln für den Humerus und für den Schultergürtel, u. a. die größten Muskeln des Körpers, der Latissimus, Pectoralis major, Serratus anterior). Die leichte Flexion im Ellenbogen und in den Fingergelenken ist eine Folge des Übergewichts der langen Beugemuskeln am Unterarm (inkl. Brachioradialis) über die Streckmuskeln. Die Schwere des Unterarmes kann die Spannung dieser Muskeln im Stehen nicht überwinden. Kommt aber beim Armschlenkern im Gehen die Zentrifugalkraft hinzu, so wird die Spannung jeweils ausgeglichen. Man sieht deshalb beim gehenden Menschen jedesmal den Unterarm in Streckstellung übergehen, wenn der ganze Arm nach hinten schwingt; die Flexion stellt sich wieder ein, sobald der Arm nach vorn zurückkehrt. Die Muskeln behalten dabei die Führung der Bewegung, auch wenn sie nicht willkürlich innerviert sind, lediglich durch die Massenverteilung und den Tonus. Solche Bewegungen sind deshalb fein ausreguliert wie bei einem Uhrrad, das durch Gewichte oder die Spannung einer Feder getrieben wird.



Abb. 204. Herkulische Muskeln, ruhige aufrechte Stellung. Der Neger Jack Johnson, Weltmeister im Boxen. (Freie Plastik von Hermann Haller.) Die mächtigen Schultermuskeln, besonders der Deltoides, verhindern den Oberarm lässig herabzuhängen wie gewöhnlich (Gegenbeispiel). Die Hand stützt sich leicht am Gesäß.

In der halben Pronationsstellung, welche der Unterarm des ruhig herabhängenden Armes zeigt, sind die von den Epikondylen entspringenden Unterarmmuskeln gerade auf die Hand hingerichtet; in allen anderen Stellungen sind sie spiralig um die Knochen gedreht (Abb. 172) und stärker gespannt. Die entgegengesetzt gerichteten spiraligen Drehungen der Sehnen des Bizeps, des Pronator teres und des Supinator sind in halber Pronation im Gleichgewicht. In der flektierten Ellenbogenlage und in der pronierten Ruhelage des Vorderarmes kommen außerdem die Einrichtungen des Ellenbogengelenkes und des unteren Radioulnargelenkes zur Geltung (siehe Mittelstellungen der Gelenke).

Äußere Form als Ausdrucks- und Erinnerungsmittel

Die Kunst hat in den ursächlichen Beziehungen von aktiv oder passiv wirkenden Muskeln zur Körperform ein reiches Arsenal von Ausdrucksmöglichkeiten zur Verfügung. Aktiv gespannte Muskeln geben eine energischere Haltung als erschlaffte. Unter letzteren verraten größere Gewichte eine größere Übung (Turnen, Sport); sie äußern sich in Haltungen der Glieder, die sehr verschieden sein können von den gewöhnlichen (Abb. 204). Der antike Künstler hat eine vollständige „Lösung der Glieder" selbst in der Darstellung des Schlafenden vermieden („verlassene Ariadne"); Michelangelo hat in Darstellungen des Schlafes („Nacht"), aber auch des Wachens Stellungen bevorzugt, die nur bei völliger Entspannung der Muskeln möglich sind („Adam" der sixtinischen Decke; siehe Extremstellungen der Gelenke). — Der Arzt kann, wenn sein Auge geschult ist, aus der äußeren Form des Gliedes ohne jedes andere Hilfsmittel weitgehend die innere Struktur des Bewegungsapparates erschließen; er kann urteilen über vorausgegangene Übung, über Normales und Abnormes. Die Kenntnis der äußeren Form der Einzelteile von Arm und Hand ist außerdem für ihn ein wichtiges mnemotechnisches Hilfs-

mittel, weil sie jeder Zeit am eigenen Körper feststellbar ist und Anhaltspunkte gibt für Muskelanordnungen, Skeletteinrichtungen usw., die rein gedächtnismäßig weniger einprägsam sind.

Ruhelage der Gelenke

Die Gelenke nehmen, wenn sie sich selbst überlassen sind, ebenfalls eine Ruhelage ein. Sie hängt zum Teil davon ab, bei welcher Lage im Innern des Kapselraumes die geringste Spannung herrscht. Die Schwere kann je nach der Haltung des Körpers, wie bei den Muskeln, die Spannung belassen oder überwinden. Wir kennen die reinen Wirkungen der Spannungen aus den Stellungen, die das Glied bei pathologischen Ergüssen einnimmt. Die dem Kapselraum eigenen Kräfte sind in solchen Fällen durch den erhöhten Innendruck vermehrt, so daß die Schwere keinen Einfluß mehr hat. Außerdem hilft die Schmerzhaftigkeit jede Wirkung des Milieus auszuschalten. Im entzündeten Schultergelenk wird der Arm leicht abduziert gehalten, anstatt senkrecht herabzuhängen. Die Schwere ist eben in der Norm stärker als die Kapselspannung und wirkt ihr entgegen. Im Ellenbogengelenk und im unteren Radioulnargelenk steht der Arm bei Ergüssen leicht flektiert und proniert (Abb. 195). Die Zahl der Ruhelagen ist unendlich groß wie bei den Muskelkombinationen.

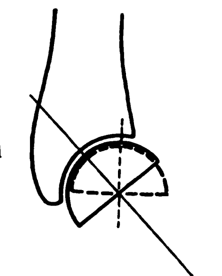


Abb. 205. Mittel- und Normalstellung der Hand (Schema nach R. Fick, Gelenke Bd. III). Die Halbkugel = Kopf des Radiokarpalgelenkes bewegt sich in der Pfanne des Unterarmes. Ausgezogener Kontur und ausgezogene Achse = Mittelstellung (halbe Volarflexion). Gestrichelter Kontur und gestrichelte Achse = Normalstellung (Achse in der gleichen Richtung wie die Achse des Unterarmes).

Mittel- und Extremstellung

Man kann bei den Gelenken außerdem die Mittelstellung unterscheiden, die ungefähr mit der Lage bei pathologischen Ergüssen oder bei künstlichen Injektionen zusammenfällt. Bei ihr steht die Mitte der Oberfläche des Gelenkkopfes der Mitte der Pfanne gegenüber, so daß nach allen Seiten gleich viel Spielraum für die Bewegung übrig ist. Die Extremstellung ist dagegen diejenige Stellung, bei welcher weitere Ausschläge gehemmt sind. Die Hemmung ist absolut, wenn Knochen aneinanderstoßen, deren Mineralreichtum weitere Bewegungen unmöglich macht. Am Humerus ist in der Fossa olecrani des Ellenbogens meistens seitlich je eine Schliffmarke sichtbar, ein Zeugnis dafür, daß die Extension hier sehr häufig knöchern gehemmt wird; das Olekranon der Ulna ist bei vielen Menschen breiter als die Fossa olecrani des Humerus und schleift deshalb, je tiefer es in die Grube hineingetrieben wird, um so stärker an ihren Rändern. Gewöhnlich ist die Hemmung relativ; denn Bänder und Muskeln bremsen zunächst, und zwar um so früher, je weniger sie geübt sind. Die individuellen Schwankungen sind außerordentlich, besonders bei den unwillkürlichen Muskelhemmungen durch die Antagonisten, die in der Regel im Leben allein gebraucht werden. Man denke nur an die Leistungen geschulter Akrobaten, welche gelernt haben, sich davon möglichst zu befreien („Schlangenmenschen"). Die Muskeln sind oft abgelaufen (insuffizient), ehe die äußerste Endstellung erreicht ist, z. B. im Handgelenk, wenn die Fingergelenke in der gleichen Richtung gekrümmt oder gestreckt stehen. Man kann daher durch Druck von außen die dorsalflektierte Hand um ein gut Stück weiter armwärts drängen als die Streckmuskeln es vermögen. Beim Ellenbogen wird umgekehrt die Extremstellung erreicht, ehe die Muskeln völlig abgelaufen sind (Übersuffizienz, S. 332). Der Arm kann deshalb energisch versteift und wie ein Dreschflegel gehandhabt werden.

Beim ruhig herabhängenden Arm steht das Schultergelenk weder in Mittel- noch in Extremstellung. Die Humeruskugel liegt mit der unteren Hemisphäre der Pfanne an (Abb. 130), aber die Kapsel, Bänder und Muskeln lassen noch eine Adduktion zu, wenn der Arm vor oder hinter dem Rumpf der Medianebene

genähert wird. Im Ellenbogengelenk und im unteren Radioulnargelenk fallen Ruhelage und Mittelstellung zusammen. Beim Handgelenk ist die Mittelstellung der proximalen Kammer erreicht, wenn die Hand in halber Volarflexion steht; die Normalstellung, in welcher die Hand in der Verlängerung des Unterarmes herabhängt, ist davon sehr verschieden (Abb. 205); bei der distalen Kammer des Handgelenkes ist umgekehrt die Mittelstellung in halber Dorsalflexion erreicht. Bei beiden Gelenken ist die Ruhelage beim lässig herabhängenden Arm weit entfernt von den Extremstellungen.

Überblickt man die Beziehungen in ihrer Gesamtheit, so befindet sich der in Ruhe herabhängende Arm in einer Stellung, welche für die häufigsten Bewegungen besonders geschickt ist. Denn aus der leicht gebeugten und pronierten Lage heraus können am schnellsten Bewegungen der Hände gegeneinander, die für alle Hantierungen unter der Kontrolle der Augen am wichtigsten sind, begonnen werden. Die Annäherung der Greifhand an den Mund, das Ballen der Faust zum Angriff und die Parierung von Schlägen mit dem Unterarm sind aus der Ruhelage heraus sofort ausführbar; sie sind für die Entstehung dieser Lage jedenfalls nicht unwichtig gewesen. Durch die Torsion des Humerus wird die wichtigere Arbeitsstellung gewahrt, während die entbehrlichere Außenrotation eingeschränkt ist (Abb. 154b). Alle diese Momente gestalten die Ruhelage in Wirklichkeit zu einer Bereitschaftsstellung. Die Gewichts- und Spannungsverhältnisse sind dementsprechend ausreguliert. Ruhelage gleich Bereitschaftsstellung

Um in dem Wechsel von den komplizierter bedingten Stellungen des Armes eine Norm zu haben, die nicht mißverständlich ist, hat man sich in den anatomischen Beschreibungen auf eine Normalstellung geeinigt, die rein konventionell und nicht irgendwie durch die innere Organisation der Extremität bedingt ist (S. 18). „Normal" bedeutet in diesem Sinne nicht wie sonst: das in der Natur Durchschnittliche, den natürlichen Typus, sondern das übliche Schema, einen künstlichen Typus. In der Normalstellung hängt der Arm seitlich am Körper herab, die Vorderflächen des Ober- und Unterarmes und die Handfläche stehen in der Frontalebene, sind also gleichgerichtet. Die Verlängerung der Längsachse des Unterarmes fällt in das Kopfbein und in den Mittelfinger. Normalstellung

Alle Zeichnungen der Muskeln und Knochen der Extremität sind in diesem Buch, soweit nicht anders angegeben, in Normalstellung gegeben.

Das Schultergelenk steht in der Normalstellung nicht in Innenrotation wie beim ruhig herabhängenden Arm. Das Ellenbogengelenk und die Fingergelenke sind extrem gestreckt, der Unterarm extrem supiniert, also auch ganz anders gestellt als in der Ruhelage. Das Handgelenk entspricht etwa der Ruhelage zwischen Dorsal- und Volarflexion (aber nicht der Mittelstellung, siehe oben), ist aber in der Ruhelage etwas ulnarwärts gegen die Normalstellung abduziert (den Abb. 174 und 175 ist die Ruhelage des Handgelenkes zugrunde gelegt).

c) Beugen und Strecken des Armes im Ellenbogen (Flexion, Extension).

Die Articulatio humeroulnaris, welche dem Ellenbogengelenk für Beugung und Streckung eine knöcherne Führung gibt, ist ein relativ exaktes Rollen- oder Scharniergelenk. Da aber die Beuge- und Streckmuskeln des Oberarmes nicht genau in der Beugungsebene liegen (Abb. 128, 129, noch weniger die Unterarmmuskeln), so enthalten alle außer den reinen Flexionskomponenten noch seitlich wirkende Nebenkomponenten. Der abduzierenden Nebenwirkung der Muskeln setzt der Knorpelbelag und der Bandapparat keinen absoluten Widerstand entgegen. Daher können kleine Wackelbewegungen nicht ausbleiben, vergleichbar etwa dem Wackeln des Kutschkastens eines Wagens, der sich geradlinig fortbewegt, auf den Federn des Wagengestells. Infolgedessen wird das distale Ende des Unterarmes nicht genau auf das Schultergelenk zugeführt werden, auch wenn die Beugungsachse genau senkrecht zu einer sagittalen Ebene steht, die wir durch den Kopf des Humerus, das Capitulum humeri und das Capitulum ulnae legen können (in die verlängerte Abduzierende Nebenkomponenten der Muskeln



Diagonalachse des Unterarmes, Abb. 149a). Die Abweichung des distalen Ulnaendes infolge des Wackelns beträgt bis zu 2 cm.

Scheinbar abduzierende Wirkung der Kubitalwinkel

Auch die knöchern fixierte Stellung des Rollengelenkes an sich kann dahin wirken, daß der Unterarm sich nicht auf den Oberarm zu bewegt, sondern an ihm vorbeiführt. Es kommt darauf an, ob der Winkel, welchen die Rollenachse mit dem Schaft des Humerus bildet (humeraler Kubitalwinkel, h Abb. 149a), der gleiche oder ein anderer ist als der Winkel zwischen Rollenachse und Schaft der Ulna (ulnarer Kubitalwinkel, u). Nur wenn beide gleich sind, kommen Ulna- und Humerusschaft zur Deckung; bei ungleichen Winkeln wird der Unterarm nach außen oder innen am Oberarm vorbeigeführt (scheinbare Abduktion). Die Hand wird meistens medialwärts d. h. nach innen vom Schultergelenk dirigiert, da der ulnare Winkel häufiger etwas größer als der humerale ist.

Die beiden Winkel zusammen ergeben den totalen Kubitalwinkel, der bestimmend ist für die Abknickung des Unterarmes gegen den Oberarm in der Normalstellung (S. 307). Trotz starker x-Armstellung wird doch der Unterarm bei Flexion im Ellenbogen mit dem Oberarm zur Deckung gebracht, wenn nur der totale Kubitalwinkel durch die Rollenachse des Humerus halbiert wird.

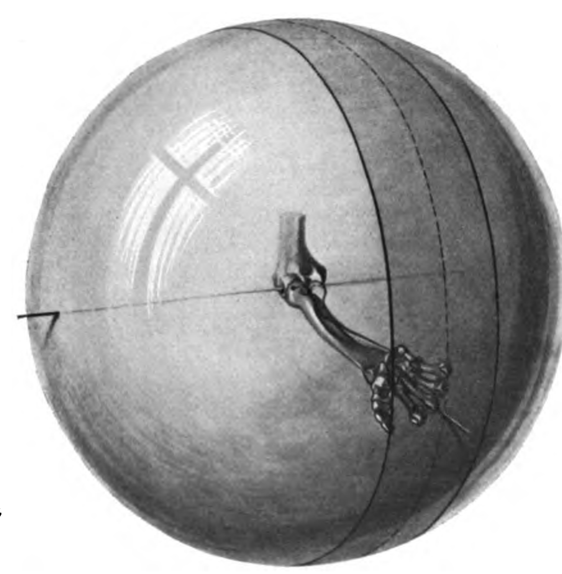


Abb. 206. Ringfläche (dunkelgrau) auf dem Globus, welchen die Hand um den Ellenbogen als Mittelpunkt beschreibt (nach Petersen). Die Achse, welche aus dem Globus links herausragt, ist die Rollenachse des Humerus, die andere ist die Achse des Unterarmes und der Hand entsprechend D Abb. 192. Die linke Grenzlinie der Ringfläche (vom Beschauer aus) ist ein Meridian der Bahnkugel.

Kombinierte Flexion u. Pronation des Unterarmes (mit Rotation des Oberarmes)

Wir legen, wenn wir den Unterarm ohne jeden Zwang gegen den Oberarm beugen, um die Hand gegen die Schulter in die Höhe zu führen, den Handteller auf das mittlere Drittel des Schlüsselbeines der gleichen Körperseite, also eine gute Strecke nach innen von der Stelle, auf welche eine reine Scharnierbewegung um die Querachse des Ellenbogengelenkes die Hand hinführen würde. Viel wichtiger für diese Tatsache als die bisher betrachteten abduzierenden Faktoren ist die Einsicht, daß Kombinierungen von Bewegungen in verschiedenen Gelenken der einfachen Bewegung um die Rollenachse des Humerus im Ellenbogen vorgezogen werden. Der Grund dafür liegt, wie wir noch sehen werden, in der Anordnung der Muskeln.

Stellen wir uns vor, es werden Flexionen und Extensionen um die Rollenachse des Humerus mit Pro- und Supinationen um die Diagonalachse des Unterarmes kombiniert, so bestreicht die Hand eine Verkehrsfläche von Ringform (Abb. 206). Während jeder Finger für sich einen Meridian auf der Bahnkugel, in deren Zentrum der Ellenbogen gedacht ist, beschreiben würde, falls der Unterarm in Supinationsstellung verbliebe (linienläufig), kann bei der genannten Kombination anstatt einer Linie eine Fläche bestrichen werden (flächenläufig). Die Ringfläche kann man beliebig verbreitern, wenn man zu den beiden Bewegungen noch eine dritte gesellt, nämlich eine Rotation um die Längsachse

des Oberarmes. Wird beispielsweise der Oberarm nach innen gedreht, so bestreicht die Hand des im Ellenbogen gebeugten Armes einen Teil des Globus, welcher ulnarwärts an die Ringfläche anschließt. Durch die Muskelanordnung auf der Beugeseite des Unterarmes wird aber automatisch Pronation mit Flexion kombiniert und die Massenverteilung im Arm von selbst so verändert, daß der Unterarm mit der Hand nach innen zu das Übergewicht bekommt und daß auf diese Weise zu der kombinierten Flexion und Pronation eine Rotation im Schultergelenk nach innen hinzukommt. Das ist der Vorgang an den Gelenken bei der zwanglosesten Art den Arm zu beugen, bis die Hand die Schulter erreicht. Alle anderen Bewegungsarten, vor allem die reine Flexion im Ellenbogen, sind nur mit einem viel größeren Muskelaufwand möglich, also für den Organismus kostspieliger.

Verbleibt in Abb. 189c der Humeruskopf in der Pfanne, so hat der Unterarm genau die im vorhergehenden beschriebene Lage, bei welcher der Handteller auf dem mittleren Drittel des gleichseitigen Schlüsselbeines liegt. Je nach der Dosis, welche man jeder der beteiligten Achsendrehungen zumißt, wird statt der Querachse des Ellenbogens eine neue Kombinationsachse Pf-Pf eingeführt, der man jede beliebige Schrägstellung geben kann (Abb. 189a). Wie auf S. 377 dargelegt ist, nähert sich auf solche Weise der Ellenbogen der Freiheit eines Kugelgelenkes.

Die Muskeln begünstigen die Kombination: Flexion und Pronation

Als Flexoren für den Ellenbogen haben wir hauptsächlich den Bizeps, Brachialis und Brachioradialis, in zweiter Linie den Pronator teres, die beiden Extensores carpi radiales, den Flexor carpi radialis und Palmaris longus kennen gelernt. Die Größe ihrer Arbeitsleistung nimmt in der genannten Reihenfolge ab und ist in der zweiten Gruppe weitaus am kleinsten. Sie ist bei allen außer den beiden erstgenannten Muskeln in der Pronationsstellung des Armes am größten; nur beim Bizeps ist die Arbeitsleistung bei Supination des Armes größer, beim Brachialis ist sie in Pronation und Supination gleich. Die Gesamtheit der Muskeln wirkt dahin, den Arm zu flektieren und zu pronieren d. h. um eine schräge Achse zu beugen, die wir uns analog Pf-Pf der Abb. 189 im Ellenbogen vorstellen. Dieser Bewegung lassen die Gelenke und Bänder alle Freiheit. Sie ist in der Anordnung der Muskulatur und in der Art, wie sie innerviert wird, als eine einheitliche Handlung enthalten. Sie befähigt uns, die Hand zum Mund zu führen und ist deshalb als wichtigster Vorgang bei der Nahrungsaufnahme biologisch stets bedeutungsvoll und bevorzugt gewesen. Auch die Bewegungen, welche die Hand auf den Körper zu- und der anderen Hand entgegenführen, so daß beide Hände in der Blickrichtung zusammen arbeiten können, sind ganz allgemein die wichtigsten und werden in vielfältiger Variierung gebraucht.

Den meisten Menschen ist es gar nicht möglich, die Handfläche flach auf das Akromion der gleichen Körperseite zu legen. Ist der Unterarm extrem schief angesetzt (Cubitus varus und valgus), was in der Regel nur in pathologischen Fällen, vor allem nach vorausgegangenen Knochenabsprengungen vorkommt, so kann der normale Flexionsmechanismus erheblich beeinträchtigt sein.

Ist das Schultergelenk versteift, so ist auch die Freiheit eingeschränkt oder aufgehoben, welche für die Beugung um die geschilderten schrägen Achsen im Ellenbogen erforderlich ist (Abb. 189, Pf-Pf). In pathologischen Fällen wird der Arzt deshalb sein Augenmerk nicht nur auf das Ellenbogengelenk, sondern ebenso auf das Schultergelenk richten müssen und in diesem unter Umständen die einzige Ursache für das Bewegungshindernis finden können. Eine gute Probe für die normale Beweglichkeit des Schultergelenkes besteht darin, die Hand des Patienten aktiv oder passiv auf die Schulter der anderen Seite legen zu lassen. Ist dies möglich, so sind erhebliche Einschränkungen des Schulter-



gelenkes sicher nicht vorhanden. Auch der „Nackengriff“ d. h. das Umgreifen des eigenen Nackens zwischen Daumen und übriger Hand ist eine brauchbare Schnellprobe.

Extension im Ellenbogen

Für die Rückführung des Armes in die Streckstellung (Extension) genügt in aufrechter Körperhaltung die Schwere. Die Antagonisten bremsen dabei. Nur für Bewegungen in anderen Stellungen des Körpers, bei welchen die Schwere nicht in jenem Sinne wirken kann, ist der Trizeps nötig.

Deshalb ist auch der Verlust der Streckmuskulatur (durch Lähmung usw.) nicht so störend wie der Verlust der Beugemuskulatur. Bei Versteifung des Armes ist die Fixierung in rechtwinkliger Beugung und in Pronation am günstigsten. Sie wird bei der staatlichen Unfallversicherung für den Arbeitsarm mit 40—50% Erwerbsbeeinträchtigung berechnet, geringere Beugungs- oder Supinationsstellung mit 50—60% oder mehr.

Das Gewicht aller Beuger zusammengerechnet ist beim Arm doppelt so groß als das der Strecker (beim Bein sind umgekehrt die Strecker $1^1/_2$ mal schwerer als die Beuger). Die Ruhelage des Armes ist, wie wir oben sahen, eine Bereitschaftsstellung für die Beugebewegungen.

d) Willkürliche Umwendbewegungen der Hand (Pronation und Supination).

Unterscheidung von andersartigen Drehbewegungen des Armes und der Hand

Unter Pro- und Supination der Hand verstehen wir Bewegungen, die entweder lediglich um die Diagonalachse des Unterarmes ausgeführt werden (Abb. 149) oder an welchen Bewegungen um diese Achse zum mindesten den Hauptanteil haben. Die reine Pro- und Supination der Hand ist im Handgelenk selbst willkürlich nicht möglich.

Wir unterscheiden die Pro- und Supinationen der Hand, welche im Unterarm ausgeführt werden, von den Rotationen des ganzen Armes. Diese sind deshalb hier zu erwähnen, weil eine Drehung lediglich des Oberarmes um seine Längsachse für sich allein eine Mitdrehung des Unterarmes und der Hand um die eigenen Längachsen im Gefolge hat. Beide Typen der Handbewegungen können nur verwechselt werden, wenn der Arm im Ellenbogen gestreckt ist. Aber auch dann wird der sorgfältige Beobachter am Lebenden sofort aus dem Verhalten der Epikondylen des Humerus ersehen, ob das Schultergelenk für sich allein die Bewegung ausführt; denn die Epikondylen bewegen sich selbstverständlich in dem gleichen Grade wie sich das Caput humeri bewegt, weil beide zu dem gleichen Knochen gehören und durch diesen fest miteinander verankert sind. Obgleich man den Gelenkkopf nicht direkt sehen kann, sind Art und Maß seiner Rotation indirekt durch die Epikondylen jeder Zeit kontrollierbar. Bei gebeugtem Arm ist die Sachlage noch viel klarer. Denn in dieser Stellung sind Drehungen der Hand um die Längsachse des Unterarmes nur durch Pro- und Supination möglich. Reine Rotationen des Oberarmes im Schultergelenk müssen sich in dieser Stellung in seitlichen Hebelausschlägen des Unterarmes äußern (ulnare und radiale Abduktionen des Unterarmes und der Hand).

Pro- und Supinationen können, aber müssen nicht ausschließlich um die Diagonalachse des Unterarmes stattfinden, also auf die beiden Radioulnargelenke beschränkt sein. Wir nennen solche, die es sind, reine Bewegungen um die Diagonalachse. Sie werden relativ selten ausgeführt. Viel häufiger werden mit den reinen Rotationen um die Diagonalachse Bewegungen in anderen Gelenken kombiniert. Man sieht dies sofort ein, wenn man von den Muskeln ausgeht und nicht von den Gelenken.

Der weitverbreitete Irrtum, es gäbe keine Mitbewegung der Ulna bei den Umwendbewegungen ist offenbar dadurch entstanden, daß die Anatomie der Gelenke zu sehr in den Vordergrund geschoben und damit nur eine Komponente der menschlichen Handlung, aber nicht der Akt als Ganzes betrachtet wurde.

Am Unterarm und an der Hand inserierende Umwendmuskeln

Die Muskeln, welche ihrer Lage und Richtung nach zur Pro- und Supination verwendet werden, zerfallen in zwei Gruppen. Die erste Gruppe enthält nur Muskeln, welche am Unterarm inserieren, also proximal vom Handgelenk. Die hierher gehörigen Pronatoren sind: der Pronator teres, Pronator quadratus und Brachioradialis; die Supinatoren sind: der Bizeps, Supinator und Brachioradialis. Der Brachioradialis proniert bis zu 20 Grad und supiniert bis zu 100 Grad je nach der Ausgangsstellung des Unterarmes (S. 368). Die zweite Gruppe enthält nur Muskeln, welche an der Hand, und zwar jenseits der distalen Handgelenkskammer angreifen. Von den zu ihr gehörigen Muskeln haben supinatorische Komponenten: der Extensor carpi radialis longus, Abductor pollicis longus, Extensor pollicis longus et brevis und Extensor indicis proprius; es haben pronatorische Komponenten: der Flexor carpi radialis, Palmaris longus und Extensor carpi radialis longus. Letzterer kommt in beiden Gruppen vor, weil seine Wirkung je nach der Ausgangsstellung des Armes verschieden ist. Die zweite Gruppe ist nur unter bestimmten Voraussetzungen für die Umwendbewegungen verwendbar (siehe S. 414).

Die Muskeln begünstigen andere Momentanachsen an Stelle der Diagonalachse Modell

Alle Pro- und Supinatoren sind mehrgelenkige Muskeln mit einziger Ausnahme des Pronator quadratus, der eingelenkig ist. Die anderen entspringen alle am Humerus und überspringen mindestens zwei Bewegungsachsen, die quere Achse des Ellenbogengelenkes und die Diagonalachse des Unterarmes (Abb. 189, rote Pfeile). Sie werden deshalb im allgemeinen um beide Achsen drehen, wenn nicht durch antagonistische Muskeln Hemmungen gesetzt sind; sie werden auch durch Verlagerung der Massenschwerpunkte Fernwirkungen auf das Schultergelenk ausüben können. Damit kommen wir zu den gleichen Überlegungen wie im vorigen Abschnitt.

Aus dem in Abb. 207b abgebildeten Modell ist ersichtlich, wie in einem willkürlich herausgegriffenen Fall, bei Rotation um die Außenkante der Speiche, eine Bewegung um die Diagonalachse des Unterarmes mit einer Abduktion des Humerus kombiniert wird. Bleibt der Oberarm möglichst und das Schlüsselbein ganz unverändert in seiner Lage, so muß sich ferner mit der Bewegung des Humerus eine Drehung des Schulterblattes vergesellschaften. Die Hand dreht sich am Modell um fast 180^0. Das gleiche ist der Fall, wenn Humerus und Schulterblatt nicht am Rumpf fixiert, sondern um die künstliche Achse A im ganzen beweglich sind (Abb. 207a). Im Fall b wird zwar eine viel kompliziertere Kombination von Bewegungen ausgeführt als im Fall a, aber die Massenverschiebungen an der Extremität im ganzen sind viel geringer: es ist sogar nicht leicht, am Lebenden so geringe Abduktionen des Humerus und Rotationen des Schulterblattes wie im Fall b zu bemerken, wenn der Körper bekleidet ist. Daher werden irrtümlich Kombinationen wie diese sehr häufig mit reinen Rotationen um die Diagonalachse verwechselt. Hält man den Ellenbogen fest an die Seite des Rumpfes angepreßt und schaltet man dadurch Ad- und Abduktionen des Humerus aus, so erweist sich, wie anders die Bewegung der Hand dann ausfällt (wie gering bei vielen Menschen die Ausschläge der reinen Rotation um die Diagonalachse sind, wird erst in dieser Stellung des Armes deutlich, siehe unten).

Daß Umwendbewegungen nicht nur reine Bewegungen um die Diagonalachse des Unterarmes sind, daß sie im Gegenteil in der Regel aus Kombinierungen verschiedener Achsendrehungen resultieren — der in Abb. 207 abgebildete Fall ist nur ein Beispiel aus vielen Möglichkeiten — wird auch durch die Hemmungen pathologischer Art erwiesen. Einschränkungen der Umwendbewegungen sind besonders von Versteifungen des Schultergelenkes bekannt! Die Pro- und Supination ist zwar noch möglich, solange die beiden Radioulnargelenke frei sind; aber die Bewegung wird auf die reine Drehung um die Diagonalachse beschränkt, welche relativ gering ist.

Die Pronation nach Art der Abb. 207 b gibt uns die Möglichkeit, den Arm im ganzen ungefähr in seiner Stellung zu belassen und die Hand so zu rotieren, daß ein zwischen Daumen und Zeigefinger gefaßtes Instrument (Bohrer) mit besonderer Kraft gedreht wird. Denn die Hand dreht sich um den genannten Zwischenraum. Anfangs sieht ihre Innenfläche, zum Schluß ihre Rückfläche nach oben.

Die mannigfaltigen Möglichkeiten, die Umwendbewegungen zu variieren, sind der Grund, der die Orthopäden veranlaßt hat, beim Gelenkorsatz die Pro- und Supination möglichst nicht durch Apparate zu korrigieren, sondern den Unterarm in eine Hülse zu stecken und ihm selbst zu überlassen, in dieser Pro- und Supination auszuführen, soweit sie noch möglich sind. Die Natur ist an dieser Stelle der Maschine besonders stark überlegen.

Rotation der Ulna im Raume (wirkliche und scheinbare)

Verfolgt man im Modell Abb. 207 die Bewegungen der Ulna, so ist eine Rotation dieses Knochens deutlich. Die Elle bleibt nur bei der reinen Pro-

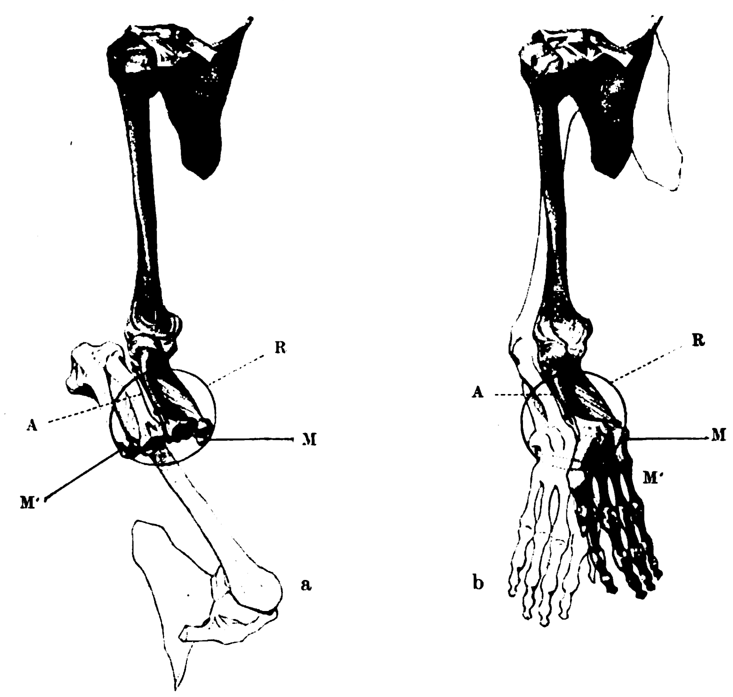


Abb. 207. Bänderpräparat mit Pronation um eine willkürliche Achse am Außenrand des Radius. Modell (das Stativ ist in der Zeichnung weggelassen). Ausgangsstellung der Knochen dunkel, Endstellung hell. a) Humerus und Schultergürtel frei beweglich. b) Das Schlüsselbein ist so fixiert, daß es sich nur um seine eigene Längsachse drehen kann (Befestigungsmechanismus nicht gezeichnet). Schulterblatt und Humerus frei beweglich. A die künstliche Achse, um welche sich der Radius in 2 Ösen dreht. R Ring durch dessen Zentrum die künstliche Drehachse geht. Der Proc. styl. ulnae folgt dem Ringe. M und M' die Stellungen eines Stäbchens, welches in den Proc. styl. quer zur Längsachse der Elle eingebohrt ist; es markiert die reelle Drehung der Ulna im Raume. Würde die Hand in Abb. a gezeichnet sein, so nähme sie genau die Stellungen wie in Abb. b ein.

und Supination um die Diagonalachse unbewegt. Wie selten letztere angewendet wird, kann man sehr leicht daran kontrollieren, daß sich der Griffelfortsatz der Elle am Lebenden bei zwanglosen Umwendbewegungen der Hand mit zu bewegen pflegt. Diese Rotation der Ulna findet aber nie im Humeroulnargelenk statt. Es ist eine Bewegung im Raume ähnlich wie ein Finger im Raume um seine Achse gedreht werden kann, ohne daß damit gesagt wäre, er drehe sich dabei in seinen eigenen Gelenken (was bekanntlich willkürlich nicht möglich ist). Ebensowenig wie wir den Finger in bezug auf die übrige Hand willkürlich drehen können, ebensowenig vermögen wir dies mit der Elle

in bezug auf den Oberarm. Geht aber der Oberarm mit wie in Abb. 207, so können wir auch die Ulna drehen. Es kommt immer darauf an, sich klar zu machen, was fest steht und was bewegt wird.

Man hat auch behauptet, daß eine wirkliche Drehung der Ulna um ihre eigene Achse im Humeroulnargelenk möglich ist. Diese Annahme ist jedoch durch die vivisektorischen Versuche des schwedischen Anatomen HULTKRANTZ widerlegt, welcher sich und seinem Bruder Metallstifte in die Armknochen eintreiben ließ und durch diese als Schreibhebel genau die Bewegungen bei Pro- und Supinationen aufzeichnete. Infolge der Nachgiebigkeit des Knorpels finden allerdings minimale Wackelbewegungen statt. Die Rotationen, die aus diesem Grunde beim Lebenden möglich sind, sind mit 2,2—2,7 Grad gemessen worden; das bedeutet für die wirklichen Drehungen der Ulna im Raume praktisch so viel wie Null.

Bei der reinen Pronation um die Diagonalachse schiebt sich das distale Radiusende wie eine Kulisse, die weggezogen wird, vom Processus styloides ulnae fort (Abb. 208a). Der Teil des Knochenhöckers der Elle, Capitulum ulnae, welcher bis dahin im unteren Radioulnargelenk verborgen liegt, wird dadurch erst an der dorsalen Handwurzel fühl- und sichtbar, und zwar gerade an der gleichen Stelle, an welcher vorher der Griffelfortsatz lag (Abb. 208b). Auf diese Weise entsteht der Eindruck, als ob die Ulna sich drehte. Die Drehung erfolgt aber nur scheinbar.

Abb. 208. Halbschematischer Querschnitt des distalen Endes von Elle und Speiche des rechten Armes. a in Supinationsstellung. b in halber Pronationsstellung. In Stellung a ist die halbe Pronation gestrichelt eingetragen. Abb. b ist in die entsprechende Lage gebracht wie die ausgeführte Zeichnung der Abb. a. Der eigene Unterarm steht wie in Stellung b, wenn man den Handteller auf die Tischplatte legt und den Unterarm von distal her betrachtet. Stellung a muß man sich am supinierten Arm so klar machen, daß man ihn im Ellenbogen beugt, bis der Handteller dem Gesicht vis-à-vis steht, und dann den Unterarm von distal her anschaut. In Stellung b liegt das vorspringende Stück des Capitulum ulnae (Bezeichnungsstrich) gerade dort, wo in Stellung a der Proc. styloides ulnae gefunden wird! Über Fach 1—6 siehe Text S. 373.

Kennt man einmal genau die Stelle des Processus styloides ulnae, so kann man ihn leicht an sich selbst durch das Gefühl in Supinationsstellung der Hand fixieren und dadurch bestimmen, ob bei Pronationen die Ulna stehen bleibt oder ob sie mitgeht (reine oder kombinierte Umwendbewegungen). Für das Gesicht dagegen erweckt die Haut, welche bei der Pronation durch den Radius über das Ulnaköpfchen nach außen (radialwärts) gezerrt wird, sehr leicht den Anschein, als ob sich nicht nur der Radius, sondern auch die Ulna in Rotation befände, auch wenn letztere tatsächlich feststeht. Diese Täuschung kann verglichen werden mit der scheinbaren Bewegung eines stehenden Eisenbahnzuges, an welchem ein anderer langsam vorbeifährt oder mit den scheinbaren Bewegungen hoher Wolkenschichten, unter welchen tiefere hinwegziehen. Über die wichtige Stellung des Proc. styloides siehe auch S. 311.

Der Radius stößt bei extremen Umwendbewegungen jeweils am Processus styloides ulnae an (Abb. 208a). Legt man den Finger auf den Griffelfortsatz, so fühlt man, wie der Radius ihn wegzudrängen sucht, sobald die Supination extrem gesteigert wird. Die Knochenhemmung, die bei der Leiche einen Spielraum von im ganzen 205—210 Grad läßt, ist im Leben durch die Bänder, Muskeln und die torquierte Haut so sehr unterstützt, daß der Ausschlag nicht mehr als 120—140 Grad beträgt. Wenn man bei gebeugtem, in die Seite des Rumpfes fest einge-

stemmten Ellenbogen ein Lineal quer in die Faust nimmt, so ist dessen Ausschlag ein Maß für die tatsächlichen Grenzen des betreffenden Individuums.

Aktive und passive Sperrung des Handgelenkes

Die zweite Gruppe der Pro- und Supinatoren (an der Hand inserierende Muskeln S. 411) müßte ihrer Lage zum Handgelenk nach gleichzeitig mit der Verschiebung der Armknochen gegeneinander auch die Hand im Handgelenk selbst rotieren. Tatsächlich geschieht dies am Präparat in jeder Stellung, wenn man an den Sehnen der betreffenden Muskeln zieht. Aber der Lebende sperrt das Handgelenk, sobald reine Umwendbewegungen ausgeführt und nicht etwa Flexionen oder Abduktionen der Hand mit ihnen kombiniert werden sollen. Eine zwangsläufige Innervation kann jederzeit einsetzen, welche auf die Hand mittels antagonistischer Muskeln so wirkt, daß sie im Handgelenk nicht rotieren kann, daß also nur die Pro- und Supination der Unterarmknochen statthat (aktive Hemmung). Von diesem reflektorischen Hemmungsmechanismus und seiner Inbetriebsetzung, ja Existenz hat der betreffende Mensch, falls er nicht Fachmann ist, keine Kenntnis.

Da die Antagonisten, welche die Rotation im Handgelenk verhindern, ebenfalls die betreffende Umwendbewegung im Unterarm hemmen würden, so würde letztere durch die Muskeln der 2. Gruppe anstatt gefördert, nur eingeschränkt. Sie werden deshalb bei reinen Umwendbewegungen gar nicht erst in Betrieb gesetzt (passive Hemmung). Letztere werden lediglich von den Muskeln der ersten Gruppe ausgeführt. Sowie jedoch die Hand zugleich mit der Pro- oder Supination flektiert oder abduziert wird, können die Muskeln der 2. Gruppe mit Erfolg diejenigen der 1. Gruppe unterstützen oder ersetzen. Bei Lähmungen spielt dies oft eine besondere Rolle. Über jene zwangsläufigen Drehungen, welche zugleich mit Flexionen oder Abduktionen im Handgelenk ausgeführt werden, siehe S. 422.

e) Reine Randbewegungen der Hand (Abduktionen).

Bedeutung der Muskelkombinationen

Die Muskeln, welche die Hand aus der Normalstellung abduzieren oder flektieren, sind für beide Bewegungsarten gemeinsam (Abb. 172, 200 c). Die einzige Ausnahme ist der Palmaris longus, welcher die Hand rein volar flektiert. Alle übrigen in Abb. 200 c nach Richtung und Größe der Drehmomente für die Hand verzeichneten Muskelindividuen haben mit den Randbewegungen etwas zu tun. In den Fachnamen kommt das allerdings nicht zum Ausdruck. Diese nehmen entgegen dem wirklichen Sachverhalt nur auf die Flexionen im Handgelenk oder überhaupt nicht auf die Hand im ganzen, sondern nur auf die Finger Bezug. Wie alle jene handbewegenden Muskeln die „Harmonie zwischen geleisteten und geforderten Kräften" (S. 379) herstellen, haben wir jetzt zu analysieren.

Ehe wir auf die Bewegungsarten im einzelnen eingehen, merken wir uns nach Abb. 200c, daß von den fünf eigentlichen Handmuskeln (2 Flexores und 3 Extensores carpi) vier und dazu der lange Abduktor des Daumens übers Kreuz arbeiten. Denn die beiden radialen Handstrecker sind genaue Antagonisten des ulnaren Handbeugers und der ulnare Handstrecker ist der genaue Widerpart des genannten langen Daumenbeugers. Beide Kreuzarme stehen nicht ganz senkrecht aufeinander. Zum Ausgleich kommt noch eine dritte Antagonistengruppe hinzu. Sie besteht aus dem fünften eigentlichen Handmuskel (Flex. c. radialis), der zusammen mit dem Palmaris longus Widerpart der langen Fingerstrecker für die Bewegungen der Hand im ganzen ist. Alle genannten Anordnungen sind aus Abb. 200 c abzulesen.

Die zuletzt besprochene Gruppe lehrt uns am ehesten die wichtigste biologische Bedeutung der genannten Gegenmuskeln verstehen. Denn in ihr liegt die Beziehung zu den Fingern am klarsten zutage. Die langen Fingerstrecker finden in ihren Antagonisten am Handgelenk eine Hilfe, wenn sie in einer bestimmten Handstellung lediglich die Finger bewegen sollen. Sie würden

ohne die Gegenwirkung des radialen Handbeugers und des Palmaris auch die Hand im ganzen mitbewegen. Eine solche für die Feinheit und Genauigkeit der Fingerarbeit unerwünschte oder schädliche Handbewegung wird durch die beiden Muskeln um so sparsamer und sicherer ausgeschaltet, je genauer sie in die Gegenrichtung der langen Fingerstrecker einjustiert sind. Sie sind ausgezeichnete „Streckhelfer der Finger". Das sind die obengenannten „Kreuzmuskeln" auch. Sie können jede Erschütterung, welche die Hand im ganzen trifft, sei es durch Kräfte, die in ihr oder außer ihr tätig sind, mit geringem Kraftaufwand auffangen, so daß die Finger unbehelligt ihre Präzisionsarbeiten verrichten können. Diese negative Seite der Leistung knüpft an das früher über die Hand in der Ruhe Gesagte an, weil durch sie die Ruhe, die sonst gestört würde, erzwungen werden kann. Wie steht es nun nach der positiven Seite hin mit den effektiven Handbewegungen durch unsere Muskeln?

Betrachten wir der einfacheren Darstellung wegen zuerst die Abduktion, so vernachlässigen wir absichtlich die flektierende Komponente der Muskeln. Sie kann in Wirklichkeit ausgeschaltet werden, indem dorsal- und volarflektierende Komponenten sich gegenseitig die Wage halten und ihre antagonistischen Wirkungen aufheben. Arbeiten dann die radial abduzierenden Komponenten in der richtigen Dosierung zusammen (z. B. rote Linien der Abb. 172), so macht die Hand eine rein radiale Abduktion. Unter der gleichen Voraussetzung bewirken die ulnaren Komponenten (schwarze Linien) eine rein ulnare Abduktion. Es ist klar, daß diese Bewegungen unter vielen Abduktionsmöglichkeiten schematisch herausgegriffen sind. Das Leben kennt sie als Besonderheit nicht. Wir werden jedoch, wenn wir die reinen Abduktionen und reinen Flexionen in den Vordergrund unserer Betrachtung schieben, aus diesen illustrativen Fällen leicht die Fülle aller überhaupt möglichen Bewegungen im Handgelenk ableiten und überschauen können. Danach sind dieser und die beiden folgenden Abschnitte disponiert.

Rein radiale Abduktion

Die radialen Abduktoren für Bewegungen, welche die Hand aus der Normalstellung herausführen, sind in erster Linie der Abductor pollicis longus und der Extensor carpi radialis longus (Abb. 200 c). Unterstützend wirken die übrigen radialen Handmuskeln und langen Daumenmuskeln (d. h. alle in Abb. 200 c rechts von den senkrechten Pfeilen verzeichneten Individuen).

Ihre Drehmomente sind so ausgewogen, daß sich sowohl die beiden Muskeln erster Linie wie auch die fünf Reservemuskeln zu einer reinen Abduktion vereinigen können. Arbeiten wenige, so ist die Bewegung sparsamer; zur vollen Kraft gehören alle.

Die wichtigsten radialen Abduktoren sind vom Nervus radialis versorgt. Sind die Handbeuger und der lange Daumenbeuger, welche nicht von diesem Nerv abhängen, gelähmt, so ist zwar die volle Kraft der radialen Abduktion etwa auf die Hälfte vermindert, aber der Rest reicht für die meisten Verrichtungen aus. Ist dagegen der Nervus radialis gelähmt, so gewinnt der Flexor carpi ulnaris das Übergewicht und zwingt die Hand in ulnare Abduktion und Volarflexion.

Umkippen der 1. Karpalreihe

Da der Flexor c. rad. und Extensor c. rad. longus am 2. Metakarpale inserieren, welches mit dem Multangulum minus unverschieblich verbunden ist, so müssen beide Muskeln durch ihren gemeinsamen Zug das letztgenannte Knöchelchen auf der schiefen Ebene des Navikulare ins Gleiten bringen (Abb. 209). In Normalstellung der Hand ist die distale Gelenkfläche des Navikulare so gestellt, daß das Multangulum minus schief dorsal- und proximalwärts gleiten kann. Die Folge würde sein, daß das Navikulare als das kleinere und von keinem Muskel dorsal fixierte Skelettstück in der durch seine Gleitebene gewiesenen Richtung volarwärts ausweichen müßte, sobald die radialen Abduktoren hinreichend wirken. Da es aber mit seiner breiten proximalen Gelenk-



fläche mit dem Radius in Kontakt steht und darin durch den Luftdruck, durch die Kapsel, die Verstärkungsbänder und die umliegenden Muskelsehnen erhalten bleibt, so weicht nicht das ganze Knöchelchen aus, sondern es kippt nur volarwärts um (punktierter Kontur). Dem Umkippen des Navikulare

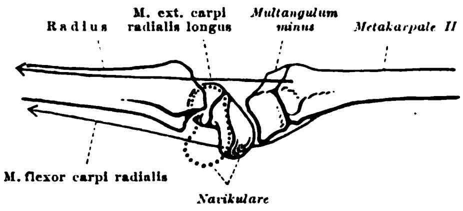


Abb. 209. Gleitfläche des Navikulare für das Multang. minus und Kippmechanismus. Herauspräparierter Strahl von der radialen Seite gesehen. Knochen in natürlicher Lage (nach Röntgenbild).

folgt die ganze proximale Reihe der Karpalia; sie wird vor allem von den Zwischenknochenbändern mitgenommen.

Man kann leicht an der eigenen Hand beobachten, wie sich bei jeder rein radialen Abduktion das Tuberkulum des Navikulare als ein deutlicher Höcker volar an der Handwurzel vorwölbt (Beginn des Daumenballens), bei ulnarer Abduktion verschwindet die Vorwölbung; umgekehrt sinkt die Haut an der Stelle der Tabatière bei Radialabduktion ein, weil das Navikulare in der Tiefe volarwärts ausweicht, während bei reiner Ulnarabduktion überhaupt keine deutliche Tabatière

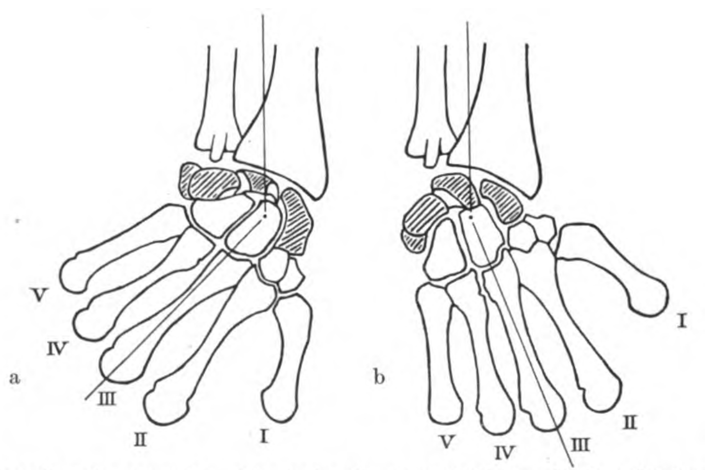


Abb. 210. Umrißzeichnungen der abduzierten Hand nach Röntgenbildern (letztere bei R. Fick reproduziert, Gelenke Bd. III). a Ulnare Abduktion. b Radiale Abduktion. In beiden Abbildungen ist die 1. Karpalreihe schraffiert. Supinationsstellung der Unterarmknochen. Die dorsovolare Hauptachse ist quer getroffen (Punkt). Die Längsachse durch den Unterarm und Mittelfinger (vgl. mit Abb. 213) ist gewinkelt; Scheitelpunkt in der Hauptachse.

zu erzielen ist (man muß, um dies zu sehen, den Daumen an den Zeigefinger adduziert halten).

Auf Röntgenbildern erkennt man das Umkippen der ganzen Reihe daran, daß das Schattenbild der proximalen Knöchelchen in radialer Abduktion ganz anders ist als in ulnarer Abduktion (Abb. 210, man beachte besonders das Navikulare und Lunatum); denn die Knöchelchen müssen dadurch, daß sie sich drehen, ihr Schattenbild auf der Ebene der Röntgenplatte in den beiden Extremstellungen wechseln. Ganz anders die distalen Karpalia: ihr Umriß ist im Röntgenbild bei reinen Abduktionen unverändert, ein Beweis dafür, daß sie bei Abduktionen nicht umkippen.

Notwendigkeit der Kippbewegung

Die beschriebene Kippbewegung ist eine Drehung um die radioulnare Transversalachse des Handgelenkes. Man sollte meinen, daß eine solche nur bei Flexionen, aber nicht bei Abduktionen in Verwendung käme, weil für letztere eine dorsovolare Hauptachse durch die Handwurzel gedacht werden muß. Die letztere geht dorsovolar durch das Köpfchen des Kapitatum (Abb. 210, quer getroffen). Den größten Ausschlag bei der Bewegung um die Hauptachse macht das Pisiforme, welches bei radialer Abduktion von der Ulna extrem weit entfernt wird, bei ulnarer Abduktion der Ulna so stark wie möglich genähert wird. Der Zwischenraum im Röntgenbild an dieser Stelle (der unnatürlich groß ist, weil die faserknorpelige Zwischenscheibe nicht zu sehen ist, Abb. 187) gibt den nötigen Spielraum. Für die radiale Abduktion ist das Umkippen des Navikulare die unumgängliche Voraussetzung, damit dem Multangulum majus und dem Multangulum minus eine Annäherung an den Radius ermöglicht ist; andrerseits wird damit bei ulnarer Abduktion die Lücke gefüllt, die sonst an dieser Stelle entstehen müßte. So kommt es, daß jeweils mit radialen Abduktionen akzessorische Bewegungen der proximalen Karpalia im Sinne der Volarflexion verbunden sein müssen, und daß die Muskeln und Knochen auf den dazu erforderlichen Antrieb eingerichtet sind.

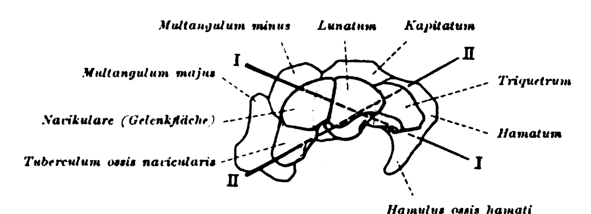


Abb. 211. Henkesche Achsen. Beide Karpalreihen vom Unterarm aus gesehen. I—I Achse der 1. Karpalreihe, II—II Achse der 2. Karpalreihe. Soweit die Achsen außerhalb der Karpalia liegen, ausgezogen, innerhalb der Knochen gestrichelt. Der Schnittpunkt von I und II liegt im Kapitatum (Punkt, Abb. 210). Beide Achsen dringen in die proximale Karpalreihe ein und treten aus der distalen Karpalreihe aus (das Pisiforme ist weggelassen, weil es den Austritt verdecken würde).

Henkesche Achsen der Handwurzel

Die distale Karpalreihe kippt zwar selbst nicht um, sie steht aber, wenn die proximale Karpalreihe umgekippt ist, zu dieser anders als in Normalstellung. Stellt man sich vor, die proximale Reihe sei stehen geblieben, so könnte die gleiche relative Stellung beider Reihen zueinander durch ein dorsales Umkippen der distalen Reihe erzielt werden. Nur unter dieser Vorraussetzung darf von einer Bewegung der distalen Reihe um eine transversale Achse bei der Abduktion gesprochen werden. Die Achsen für die erste und zweite Karpalreihe liegen in der gleichen Ebene. Die Ebene steht nicht genau transversal, sondern ein wenig schräg und geht durch das Köpfchen des Kapitatum. In dieser Ebene überkreuzen sich beide Achsen (Abb. 211). Da die wirkliche Bewegungsachse I—I (proximales Handgelenk) von radial dorsal nach ulnar volar verläuft, so beschreibt das Tuberkulum des Navikulare mit seiner Spitze um diese Achse den größten Exkursionsbogen von allen Knöchelchen der ersten Reihe. Man kann sich daraus klar machen, warum dieser Knochenpunkt äußerlich besonders sinnfällig zutage tritt.

Die in Abb. 211 abgebildeten Achsen (Henkesche Achsen) haben zwar für die Abduktionen große Wichtigkeit, sind aber nicht, wie man früher annahm, die ausschließlichen Bewegungsachsen; die Drehung um die dorsovolare Hauptache (Abb. 210) ist vielmehr das Primäre, jene das Unterstützende, Akzessorische. Für reine Flexionen kommen die Henkeschen Achsen überhaupt nicht in Betracht.

Rein ulnare Abduktion

Bei der rein ulnar gerichteten Abduktion summieren sich die abduzierenden Komponenten des Flexor carpi ulnaris und Extensor carpi ulnaris (schwarze Linie, Abb. 172, 200c). Unterstützend kommen auch hier Fingermuskeln hinzu, wenn die betreffenden Finger selbst durch die Antagonisten festgestellt sind. Alle langen Beuger und Strecker der (dreigliederigen) Finger gehören hierher. Wir merken uns die Formel: Ulnare Abduktion durch

eigentliche ulnare Handmuskeln und sämtliche Fingermuskeln, radiale Abduktion durch eigentliche radiale Handmuskeln und sämtliche Daumenmuskeln. Für die Justierung der Muskeln gilt das gleiche wie bei der radialen Abduktion. Der Karpus wird um die dorsovolare Achse gedreht, welche durch das Köpfchen des Kapitatum geht (Abb. 210). In diesem Falle gibt zwar die Lücke zwischen dem Pisiforme und der Ulna, die $1^1/_2$ cm hoch ist, Spielraum für den sehr erheblichen Ausschlag des Erbsenbeins; aber da die Lücke mit Weichteilen gefüllt ist, die dabei gequetscht werden, so tritt doch eine gewisse Entlastung durch Umkippen der proximalen Karpalreihe ein, welche in unserem Fall dorsalwärts erfolgt. Diese akzessorische Bewegung wird automatisch durch die Lage der Sehne des Extensor carpi ulnaris bewirkt, welche dorsal vom Radiokarpalgelenk, aber volar vom Interkarpalgelenk zur Basis des Metakarpale V. verläuft (Abb. 202); sie wirkt deshalb nur auf die erste Karpalreihe dorsalflektierend, auf die zweite Karpalreihe dagegen volarflektierend.

Größe der abduktorischen Ausschläge

Die Größe der rein radialen und rein ulnaren Ausschläge bei Abduktionen im gesamten Handgelenk beträgt von der Mittelstellung aus nach jeder Seite 27 Grad (blaue Zone, Abb. 200b). Sie ist lange nicht so ausgiebig wie die Ausschläge bei den Flexionen. Man merke sich für letztere am Lebenden einen Gesamtausschlag von ca. 2 rechten Winkeln, für die Abduktionen zusammen $^1/_2$—$^2/_3$ R. Der Unterschied zwischen Rand- und Flächenbewegungen kommt auch in der Form der Gelenkflächen des Radiokarpalgelenkes zum Ausdruck, die in der Richtung der Flexionen schmal und für starke Ausschläge nicht hinderlich, in der Richtung der Abduktionen dagegen sehr breit und größeren Bewegungen im Wege sind (Quer- und Längsachse des Eigelenkes). Die Anordnung der Bänder und Muskelsehnen entspricht der Einrichtung des Gelenkes. Es ist sehr charakteristisch, daß das Eigelenk für Abduktionen nach der radialen Seite (und auch für dorsale Flexionen) nur sehr beschränkte Bewegungen erlaubt, weil die Hemmungsbänder sehr bald eingreifen (S. 398 u. f.). Die radiale Abduktion im gesamten Handgelenk von der Normalstellung aus beträgt nur ca. 15 Grad, die ulnare Abduktion ca. 40 Grad, also mehr als das Doppelte. Man kann das auch so ausdrücken, daß in Normalstellung die Hand gegenüber der Mittelstellung schon um 21 Grad radial abduziert ist.

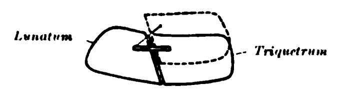


Abb. 212. Verschiebung des Triquetrum gegen das Lunatum, rechts, Dorsalansicht (nach Modell von H. Virchow, 1902). Ausgezogener Kontur des Triquetrum: distale Lage, gestrichelter Kontur: proximale Lage. Dem vorliegenden dorsalen Band entspricht ein ebensolches volares. Die Bänder sind in Horizontalstellung gespannt und erschlaffen in der gestrichelten Lage.

Eigenbewegung der einzelnen proximalen Karpalia

Die distale Karpalreihe ist im zweiköpfigen Interkarpalgelenk so mit der proximalen Reihe verzahnt, daß nur um das Köpfchen des Kapitatum Drehungen möglich sind (Schnittpunkt der Achsen I und II in Abb. 211). Sie wären weit eingeschränkter, wenn nicht die einzelnen proximalen Karpalia Eigenbewegungen machten, welche den Zwang der Verzahnung bis zu einem gewissen Grad aufheben. Am genauesten ist die Eigenbewegung des Triquetrum unter Antrieb des Hamatum studiert. Das Knöchelchen ist gegen das benachbarte Lunatum parallel verschieblich; die Bewegung wird durch besondere Bandzüge, die dorsal und volar beide Knochen verbinden, gehemmt, sobald sie proximalwärts geht (Abb. 212, nach oben); distalwärts ist sie unbehindert (nach unten). Infolgedessen kann das Triquetrum bei radialer Abduktion wie eine Treppenstufe gegen das Lunatum verrutschen (Röntgenbild Abb. 210b) und eine stärkere Exkursion freigeben; eine früh eintretende Hemmung der ganzen Hand im Radiokarpalgelenk wird auf diese Weise ausgeglichen (vgl. die Exkursionsgrößen in der roten, violetten und blauen Zone, Abb. 200b). Eigenverschiebungen des Lunatum und Pisiforme wirken in ähnlicher Weise dabei mit. Andrerseits bringt der Bandapparat selbsttätig das Triquetrum bei Normalstellung und Ulnarabduktion in die gleiche Fluchtlinie mit dem Lunatum zurück, so daß in diesen Stellungen die Gelenkfläche des Radiokarpalgelenkes glatt und nicht gestuft ist (Abb. 187, 210a).



f) Reine Flächenbewegungen der Hand (Flexionen).

Große Auswahl von flektierenden Muskeln

Heben sich die abduzierenden Komponenten der Handmuskeln auf, so sind reine Flexionen möglich (Abb. 172, 200c). Es wirken hier ganz besonders stark die langen Fingermuskeln mit, wenn die betreffenden Finger selbst so festgestellt sind, daß die Kraft ihrer Muskeln für Bewegungen im Handgelenk voll verfügbar wird.

Für die Volarflexion kommen die flektierenden Komponenten aller in Abb. 200c unterhalb der horizontalen Pfeile verzeichneten Muskeln in Betracht. Der einzige reine Volarflexor ist der Palmaris longus. Es sind unter diesen Synergisten nicht nur ventrale Muskeln enthalten, sondern auch ein dorsaler, der Abductor pollicis longus.

Die Dorsalflexion wird von den flektierenden Komponenten aller in Abb. c oberhalb der horizontalen Pfeile verzeichneten Muskeln ausgeführt. Diese Muskeln sind sämtlich dorsaler Abkunft.

Die Summe aller Volarflexoren ergibt eine sehr große Kraft. Die Querschnitte der betreffenden Muskeln zusammen betragen 33 qcm; das entspricht einer Spannung, die imstande ist, ein Gewicht von 13 Kilo 1 Meter hoch zu heben. Die eigentlichen langen Fingermuskeln bestreiten davon mehr als die Hälfte. Die Dorsalflexoren sind alle zusammen nicht so kräftig wie die Volarflexoren, doch ist die Verkürzungsgröße, also der Anschlag der Hand unter ihrem Antrieb ziemlich gleich wie bei letzteren. Auch hier sind die Fingerstrecker kräftiger als die einzelnen Handstrecker. Beim Ausfall von Dorsalflexoren nach Verletzungen kann der Verlust durch Transplantation von Beugesehnen aus dem großen Vorrat des Armes an solchen leicht gedeckt werden.

Ein Beispiel für viele: fehlt der lange radiale Handstrecker, so wird auch der ulnare Fingerstrecker geschwächt, falls die Hand rein dorsal flektiert werden soll. Denn, wenn er mit voller Kraft arbeitete, so würde er sie wegen seiner starken abduktorischen Komponente ulnarwärts abdrängen (Abb. 200c). Ein Ersatz des erstgenannten Muskels bedeutet also einen viel größeren Kraftgewinn als nur eines einzelnen Individuums. Alle Versuche, in Wegfall gekommene Muskeln zu erneuern, haben gelehrt, daß es viel schwieriger ist, die richtige Kraftverteilung als die Kraft schlechthin zu erzeugen (sie wird bekanntlich durch Übung neu gestählt), ein Beweis dafür, wie fein die natürlichen Muskelindividuen gegeneinander ausgewogen sind.

Biologische Bedeutung des Faustschlusses

Im vorangehenden sind wir von der Normalstellung der Hand ausgegangen. Wir dürfen darin nichts anderes sehen als eine rein didaktische Heraushebung einer Situation der Muskeln und Knochen, welche für unser Vorstellungsvermögen und Gedächtnis gewisse Vorteile bietet. Sie ist praktisch im mnemotechnischen Sinn für den Lernenden; praktisch für den Gebrauch der Hand durch ihren Besitzer ist sie dagegen nicht. Nur wenn wir von den wirklichen Gebrauchsstellungen, vor allem vom Faustschluß, ausgehen, können wir die Anordnung der Muskeln verstehen. Von der Normalstellung aus betrachtet könnten die zahlreichen Flexoren überflüssig und allzu kompliziert erscheinen. Vom praktischen Gebrauch und den dazu dienlichen Stellungen aus betrachtet, ist jeder an seinem Platz berechtigt und notwendig.

Der Faustschluß ist von jeher wichtig für den Menschen gewesen, weil mit ihm die wichtigsten Gebrauchsgegenstände und Waffen ergriffen und festgehalten werden, z. B. der Hammerstiel, Schwertgriff, Bügel eines Eimers usw. Faßt man ein Dynamometer in die Faust, so kann man an ihm ablesen, in welcher Stellung der Faustschluß am kräftigsten ist. Die Hand muß dabei rein dorsal flektiert sein. Täte sie es nicht, so hätten die langen Fingerbeuger nicht genügend Spielraum für ihre Höchstleistung; denn bei volarflektierter Hand sind sie insuffizient. Auch gäben die langen Fingerstrecker nicht genügend Luft; denn sie sind zu kurz, als daß die volarflektierte Faust und die Finger gleichzeitig



maximal gebeugt werden könnten (S. 362). Je fester und gleichmäßiger wir die vier Finger an den Gegenstand anpressen, den wir umklammern, um so mehr müßte die ulnarwärts abduzierende Komponente sämtlicher langer Fingerbeuger zum Vorschein kommen (Abb. 200 c). Sie beruht darauf, daß der Daumen infolge seiner Sonderstellung nicht zum Faustschluß mitbenutzt wird. Der Verzicht auf ihn, der für die Hand im ganzen durch die Sondervorteile des Daumens mehr als aufgewogen wird, war nur möglich, weil besondere Muskeln der Hand zu „Faustschlußhelfern" benutzbar sind, nämlich die beiden radialen Handstrecker (S. 367). Sie sind so am Handgelenk justiert, daß sie die ulnare Komponente der langen Fingerbeuger auf die zweckmäßigste Weise kompensieren. Resultat: die Hand wird durch die Anordnung ihrer Muskeln in sparsamster und sicherster Weise in die für einen energischen Faustschluß günstigste Stellung gebracht.

Das Gesagte bezieht sich auf sparsame Dauerleistungen. Bei Höchstleistungen der Faust müssen alle drei Handstrecker herangezogen werden. Der Extensor carpi ulnaris bedeutet aber immer für die reine Dorsalflexion der Hand eine gewisse Kraftvergeudung, weil er eine stark abduzierende Komponente hat, welche durch entsprechende Antagonisten ausgeglichen werden muß. Vor allem dient dazu der lange Abduktor des Daumens. Auf diese Weise ist jeder „Kreuzmuskel" für die Bewegung der Hand gerade so notwendig wie für ihre Feststellung in der Ruhe (S. 415).

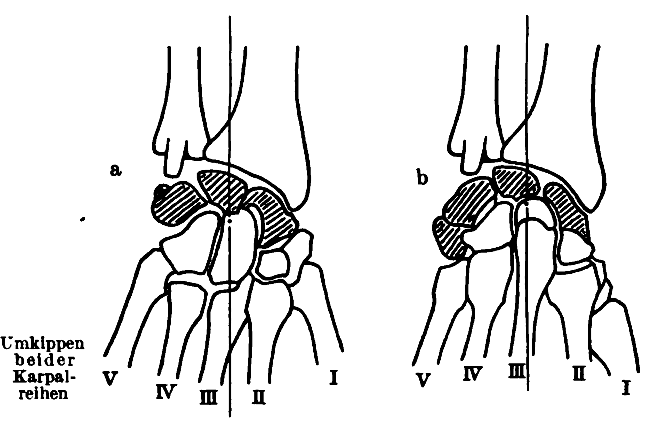


Abb. 213. Umrißzeichnungen der flektierten Hand von der Fläche nach Röntgenbildern (letztere bei R. Fick reproduziert, Gelenke Bd. III). a) Volarflexion, b) Dorsalflexion. 1. Karpalreihe schraffiert, Achsen wie in Abb. 210.

Umkippen beider Karpalreihen

Bei den reinen Flexionen ist das Röntgenbild ein ganz anderes als bei Abduktionen. Beide Karpalreihen kippen in diesem Fall um, mag die Flexion dorsal- oder volarwärts gerichtet sein. Der Unterschied ist besonders deutlich, wenn man die distalen Karpalia beachtet (Abb. 210 und 213, nicht schraffiert). Sie bleiben bei Abduktionen in der gleichen Ebene liegen, kippen aber bei Flexionen aus ihr heraus; die proximalen Karpalia dagegen kippen bei beiden Bewegungsarten aus ihrer Normalstellung heraus, nur fallen bei den Flexionen der Hand sämtliche Bewegungen der Knöchelchen um die dorsovolare Achse weg.

Die beiden Querachsen d. Flexionsbewegung

Bei den Flexionen zielt das Umkippen der Knochen auf die primäre Aufgabe der Bewegung ab. Sie ist rein um transversale (radioulnare) Achsen gerichtet. Sie haben mit den Achsen für die akzessorische Kippbewegung der Abduktionen nichts zu tun. Denn der Zug der Muskeln trifft die Handwurzel jetzt nicht einseitig, sondern beiderseitig. Die Transversalachse für die 1. Karpalreihe (1) geht durch das Lunatum, diejenige für die 2. Karpalreihe (2) geht durch das Köpfchen des Kapitatum (Abb. 214). Die volare oder dorsale Flexion um die eine der beiden Achsen wird durch die entsprechende Bewegung um die zweite Achse weiter geführt.

Schlägt man bei der Leiche Drahtstifte senkrecht in je ein proximales und distales Karpale der Handwurzel ein, welche in Normalstellung parallel zueinander stehen, so überkreuzen sie sich bei Dorsalflexion und divergieren bei Volarflexion. — Auf der Bahnkugel (Abb. 200b) ist zu sehen, wie sehr die Exkursionsweite des

Radiokarpalgelenkes (rot) durch die Weiterführung im Interkarpalgelenk erhöht wird (blau).

Der Gesamtausschlag bei reiner Volar- und Dorsalflexion nähert sich 2 R (168 Grad). Knöcherne Hemmungen wie bei den Abduktionen kommen bei ihr kaum in Betracht. Der Hals des Kapitatum kann wohl bei Volarflexion gegen die Kante des Lunatum gedrängt werden (Abb. 214b); Brüche des Kopfbeins beweisen, daß hier ein unmittelbarer Knochenanschlag besteht. Sonst wird aber die Exkursion ausschließlich durch die Bandverstärkungen der Kapsel und durch die der Kapsel anliegenden Muskelsehnen gehemmt. Letztere spielen eine große Rolle, wenn die Finger in einer Stellung fest gehalten werden, welche maximalen Exkursionen ungünstig ist. So können wir bei gestreckten Fingern die Hand nicht stark dorsalwärts flektieren, während es bei geballter Faust leicht gelingt. Im letzteren Fall geben die erschlafften Fingerbeuger genügend Spielraum, im ersteren Fall werden sie überdehnt (Abb. 214a, rote Linie) und hemmen wie passiv wirkende Bandapparate. Die maximale Exkursionsgröße der Flexionen ist also in Wirklichkeit nur vorhanden, wenn das

Größe der Ausschläge reiner Flexionen

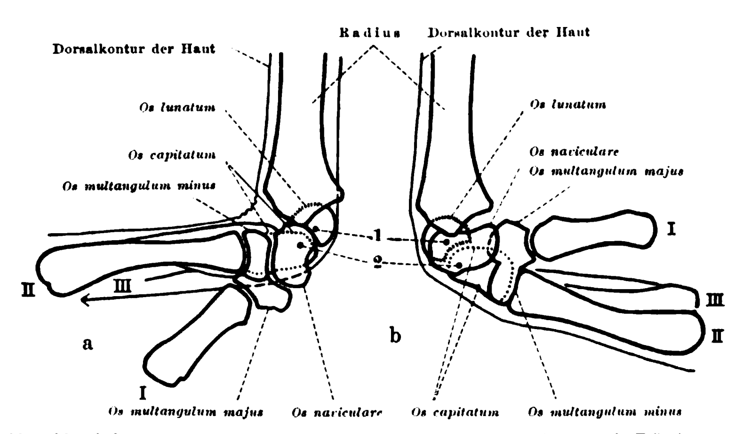


Abb. 214. Umrißzeichnungen der flektierten Hand von der Seite nach Röntgenaufnahmen (Umzeichnung nach R. Fick, Gelenke Bd. III). a) Dorsalflexion, b) Volarflexion. Der Dorsalkontur der Haut ist schematisch hinzugefügt, auch in a der Verlauf eines langen Fingerbeugers (roter Pfeil). 1 und 2 Querachsen des Karpus, I—III Metakarpalia. Die Grenze zwischen den beiden Multangula ist in b im Röntgenbild verdeckt und deshalb ausgelassen.

Spiel der Finger genügende Freiheit läßt. Die Verstärkungsbänder des Handgelenkes sind dagegen zwangsläufige Apparate und geben unter allen Umständen die äußerste Grenze für die Flexionen an. Besonders wichtig für die Volarflexion ist das Lig. arcuatum dorsale, welches das Köpfchen des Kapitatum niederhält (S. 399). Deshalb ist die Volarflexion im Interkarpalgelenk (Abb. 200b, violett) weniger ausgiebig als im Radiokarpalgelenk (rot). Für die Dorsalflexion ist umgekehrt das proximale Gelenk stärker gehemmt als das distale, weil das Lig. radiocarpeum volare starke Schrägbündel hat, die dorsal oft ganz fehlen (Abb. 201), und weil die oberflächlichen Bandzüge als akzessorische Hemmungen dazu treten (S. 400). Das Wichtige ist, daß nur beide Handgelenkskammern gemeinsam wirklich ausgiebige Flexionen rein dorsal- oder volarwärts ermöglichen.

Bei den Größenbestimmungen der maximalen Ausschläge der Hand bei Volarflexionen sind die geringfügigen Anteile der Karpometakarpalgelenke mitgerechnet. Sie sind passiv nicht unbeträchtlich (wenn man bei der Leiche die Metakarpalia mit Gewalt bewegt, besonders bei Mtc. IV. und V.), können aber für den lebendigen Antrieb durch Muskeln vernachlässigt werden. Die passive Beweglich-



keit in diesen Gelenken ist ein Schutz gegen brüske Stöße und Zerrungen. Dorsalflexionen in ihnen finden überhaupt nicht statt.

Das Navikulare macht bei Volar- und Dorsalflexionen nicht halt, sobald die übrigen Knöchelchen der ersten Karpalreihe gehemmt werden, es wird vielmehr weiter geführt wie die distalen Karpalia, für welche das charakteristisch ist. Sonst spielen Eigenbewegungen der Karpalia bei den Flexionen nicht die Rolle, die ihnen bei den Abduktionen zukommt.

g) Bewegungsmöglichkeiten im Handgelenk überhaupt.

Zwischenbewegung zwischen Flexion und Abduktion (schräge Achsen)

Die willkürlich herausgegriffenen reinen Rand- und Flächenbewegungen sind keineswegs die einzigen im Handgelenk möglichen, ja es sind den beteiligten Faktoren nach nicht einmal die einfachsten. Ich gehe aus vom Radiokarpalgelenk, bei welchem der größte Durchmesser des Exkursionsraumes nicht in der Richtung der reinen Flexion oder Abduktion, sondern in einer Zwischenstellung liegt (Abb. 200b, rote Zone). Wird eine möglichst ausgiebige Bewegung im Radiokarpalgelenk gemacht, so erfolgt sie um eine schräg stehende Achse (rot gestrichelt), welche zum größten Durchmesser der Exkursionszone senkrecht steht. Diese Achse ist zufällig die gleiche wie die HENKEsche Achse I, welche bei den reinen Abduktionen benutzt wird (Abb. 211). Wirkt nur einer der Abduktoren, z. B. der Flexor carpi radialis, so wird nicht lediglich die abduzierende oder flektierende Komponente des Muskels beansprucht, wie bei den besprochenen „reinen“ Bewegungen, sondern seine volle Kraft wird ausgenutzt. Er allein kann die Hand um jene schräge Achse fast so weit volar flektieren, wie es bei anderen Achsen durch die Kombination mehrerer Muskeln geschieht. Die Hand stellt sich schräg in Volarflexion und Radialabduktion (Abb. 200a; der Pfeil zeigt die schräge Bewegungsrichtung auf dem Globus an). So können unter Umständen ein Muskel und eine Gelenkkammer allein beansprucht sein. Alle abduzierenden und alle flektierenden Muskeln (außer dem Palmaris longus) haben beiderlei Komponenten gemeinsam; sie können also in dieser Weise einzeln ihre volle Kraft ausüben. Jedesmal wird die Achse schräg liegen, und zwar in einer Richtung, die für jeden Muskel spezifisch ist (sie resultiert aus der Angriffsrichtung des Muskels und der Führung durch das Gelenk).

Beim Ergreifen des Speeres oder Festhalten eines am Henkel gefaßten Kruges wird der Arm im Ellenbogen gebeugt, die Faust steht in der Mitte zwischen Pro- und Supination, ist im Handgelenk dorsalflektiert und radial abduziert. Diese Stellung entspricht derjenigen, welche der lange Handstrecker erzielt. An diesem Beispiel sieht man, welchen Vorteil die mehrgelenkigen Muskeln kraft ihrer Anordnung für wichtige Gebrauchsstellungen im ganzen ergeben. Viele hintereinander geordnete eingelenkige Muskeln erforderten viel mehr Platz, Muskelfleisch und Gewicht und wären also im Gebrauch viel weniger sparsam. Dies ist durch Berechnungen der tatsächlichen Arbeitsleistungen für alle Handmuskeln nachgewiesen worden.

Mögen die Muskeln einzeln oder in Kombinationen im Handgelenk bewegen, mag die Bewegung in einer Gelenkkammer oder in beiden lokalisiert sein, das praktische Allgemeinresultat liegt darin, daß auf der Bahnkugel jeder beliebige Punkt auf direktem Wege erreichbar ist. Ein grober Vergleich soll das näher erläutern. Stellen wir uns die Bahnkugel (Abb. 200b) als durchsichtigen Erdglobus vor, in welchem die Hand steckt, und dessen Innenfläche der gestreckte Finger bestreicht, so wird er das Exkursionsgebiet, das seiner Ausdehnung nach etwa mit dem Umriß Amerikas zu vergleichen ist, an jeder Stelle betasten können. Steht der Finger zuerst auf einer Stadt Nordamerikas, so kann er eine Stadt Südamerikas in der direkten Luftlinie erreichen. Er ist nicht etwa gebunden, den Meridianen oder Breitegraden des Globus zu folgen (reine Flexionen und Abduktionen), sondern die Bewegung geht unmittelbar um eine beliebige schräge Achse des Handgelenkes vor sich. Infolgedessen können wir uns den Drehpunkt wie bei einem Kugelgelenk an einer Stelle lokalisiert vorstellen, und zwar im Köpfchen des Kapitatum (Abb. 201). Doch gibt es einen, schon mehrfach hervorgehobenen fundamentalen Unterschied gegenüber einem Kugelgelenk, der an unserem Beispiel besonders klar hervortritt:

wir sind nicht imstande, im Handgelenk so zu bewegen, daß der Finger auf einer beliebigen Stelle des Globus, z. B. wenn er auf eine bestimmte Stadt Amerikas zeigt, um sich selbst gedreht wird, wie es bei einem Kugelgelenk, etwa dem Schultergelenk, möglich ist. Man beobachte wohl: wir können die Bewegung tatsächlich ausführen, nur nicht im Handgelenk. Sie wird entweder durch Rotation im Schultergelenk (nur bei gestrecktem Arm) oder durch Pro- und Supination im Unterarm (bei gestrecktem oder gebeugtem Arm) vollzogen.

Zwangsläufige Rotation (Listingsches Gesetz)

Die Bewegungen im Handgelenk haben Ähnlichkeit mit den leichter demonstrablen Augenbewegungen. Wir sind nicht imstande, den auf einen bestimmten Punkt gerichteten Augapfel um die Blicklinie (Sehachse) zu rotieren, wenn er im übrigen still steht. Wir sind jedoch gezwungen, den Augapfel bei einer Verknüpfung von Hebung und Senkung (Flexionen) mit Einwärts- oder Auswärtsbewegung (Abduktionen) gleichzeitig um die Sehachse zu rollen, und zwar ist dabei gesetzmäßig ein ganz bestimmter Rotationswinkel an jeden einzelnen Grad von Flexion plus Abduktion gebunden. Die Stelle des deutlichsten Sehens im Auge fällt dadurch zwangsläufig mit der günstigsten Stelle für den Lichteinfall zusammen. Das zugrunde liegende Bewegungsphänomen heißt: Gesetz der konstanten Orientierung (Listingsches Gesetz, siehe Bd. III, Sehorgan).

Beim Handgelenk sind die Bewegungen ebenso eingeschränkt wie beim Augapfel. Wir sind nicht imstande, in ihm die sonst feststehende Hand willkürlich zu rollen. Sondern dafür tritt die Pro- und Supination ein. Aber es wird im Handgelenk eine Rotation der Hand um die Längsachse zwangsläufig ausgeführt, wenn die Hand gleichzeitig abduziert und flektiert wird. Ob gerade das Listingsche Gesetz oder eine andere Regel dafür zutrifft, ist noch nicht sicher erwiesen. Aber die Tatsache selbst ist leicht zu kontrollieren (Abb. 200a; man überzeuge sich dabei durch Fixierung der Handknöchel, daß sich die Hand wirklich im Handgelenk dreht und daß die Supination im Unterarm ausgeschlossen ist; siehe auch S. 376).

Die Gelenkfläche des Radioulnargelenkes ist so gestaltet (Eigelenk), daß sie den kombinierten Flexionen, Abduktionen und Rotationen genau entspricht. Ferner gehört dazu eine ganz genaue Abstimmung der synergistischen und antagonistischen Tätigkeit vieler einzelnen Muskeln. Inwieweit die Regulation wie beim Augapfel vom Neuromuskelsystem ausgeht und ob die Gelenkflächen dem nur angepaßt sind, ist für das Handgelenk noch keineswegs spruchreif.

Die volarflektierte Hand wird durch Umwendbewegung im Unterarm abduziert

Der Ausschlag für Abduktionen im Handgelenk ist um so eingeschränkter, je mehr wir volarwärts flektieren und wird bei extrem gebeugter Hand gleich Null (Abb. 200b). In dieser Stellung ersetzt die Pro- und Supination des Unterarmes die Abduktionen im Handgelenk; denn bei rechtwinklig gebeugter Hand zeigen die gestreckten Finger wie die Ausschläge eines Schreibhebels die Umwendbewegungen im Unterarm an. So ergänzen sich beide Bewegungsarten aufs beste. Man muß immer aufs genaueste die Stellung der Unterarmknochen beachten — welche an der Handwurzel leicht zu erkennen ist —, um den Sitz einer bestimmten Handbewegung definieren zu können. Für die Lokalisation von Erkrankungen ist das die unumgängliche Vorbedingung. Es ist begreiflich, wie sehr die Verwachsung der Unterarmknochen untereinander (durch Kallus nach Fraktur u. dgl.) die Bewegungen der Hand einschränkt und wie schwierig es ist, die Bewegungen des Handgelenkes mit orthopädischen Apparaten und Prothesen zu ersetzen.

h) Der Verkehrsraum der Hand.

Begrenzung durch die Gelenke des Schulterapparates und das Ellenbogengelenk

Durch den Brustschulterapparat inklusive Schultergelenk ist, wie frühere Betrachtungen ergeben haben (S. 287), dem Arm eine raumläufige Bewegung garantiert. Prinzipiell Neues kann deshalb weiter distal nicht hinzukommen. Deshalb begnügen sich die einfacheren Gebrauchsprothesen für Armlose mit den Bewegungen des Schulterapparates. Ein kurzer Stiel wird statt des langen Armes angebracht, weil dieser den Greifapparat am Ende kräftiger hält und sicherer führt als eine lange Prothese.



Was durch die Beweglichkeit des Armes zu den Leistungen des Schulterapparates hinzukommt, ist also nichts Qualitatives; aber es ist quantitativ von größter Bedeutung. Denkt man sich Arm und Hand in Normalstellung in allen Gelenken außer in denen des Schulterapparates versteift, so kann man mit der Fingerspitze eine Kugelfläche um das Schultergelenk beschreiben (Bahnkugel). Je nachdem das Schulterblatt durch Bewegungen in den beiden Schlüsselbeingelenken verschoben wird, liegt die Kugelfläche anders im Raume. Die extremsten Stellungen der möglichen Bahnkugeln sind die Begrenzungen des Verkehrsraumes, welchen der Schulterapparat für sich der Hand zu schaffen vermag.

Dieser Verkehrsraum, in welchem die Hand raumläufig ist wie der Vogel in der Luft oder der Fisch im Wasser, erweitert seine Grenzen durch die Gelenke des Armes nach dem Körper zu. Gehen wir von der Bewegung aus, die der versteifte Arm um das Schultergelenk beschreibt, so erhalten wir eine Bahnkugel mit einem Radius von der ganzen Länge des Armes. Bewegen wir dann unter sonst gleichen Verhältnissen den spitzwinklig im Ellenbogen gebeugten Arm, so beschreibt die Fingerspitze eine zweite Bahnkugel, die einen viel kleineren Radius hat (Unterarm + Hand weniger Oberarm). Die erste Kugelschale liegt weit entfernt vom Schultergelenk, die zweite liegt ihm sehr nahe. Der Raum zwischen den beiden Kugelschalen ist der Verkehrsraum, der durch das Schulter- plus Ellenbogengelenk geschaffen ist. Er ist beträchtlich größer als der vom Schulterapparat allein gewährte. Der Arm ist an jedem Punkt des Verkehrsraumes imstande, um die Fingerspitzen zu rotieren. Auf der äußeren Grenzfläche geschieht die Rotation im Schultergelenk oder durch Pro- und Supinationen, innerhalb des Raumes und auf der inneren Grenzfläche nur durch letztere.

Vikariierende Gelenke der Extremität und des Rumpfes

Die Bewegungen im Handgelenk erweitern den beschriebenen Verkehrsraum nicht. Denn jeden Punkt, welchen der Finger der gebeugten Hand bei versteiftem Arm erreicht, kann er auch bei versteifter Hand mit gebeugtem Arm erreichen. Innerhalb des maximalen Verkehrsraumes sind überhaupt vielerlei Möglichkeiten gegeben, ein und denselben Punkt einzunehmen; denn auch die Schulter- und Fingerbewegungen können an vielen Stellen für Ausschläge im Ellenbogen- oder Handgelenk vikariierend eintreten. Das sind doppelte und mehrfache Sicherungen, welche der Feinheit der Bewegungen zugute kommen, und welche besonders wichtig sind, falls einzelne Gelenke ganz oder partiell durch andere Beanspruchungen oder Erkrankungen ausgeschaltet werden.

Zu den Bewegungen des Schulterapparates, des Armes, der Hand und der Finger selbst kommen noch die Rumpfbewegungen hinzu, um den Verkehrsraum der Hand zu vergrößern (Eigenbewegungen des Rumpfes und fortgeleitete Beinbewegungen). Daher sind wir tatsächlich imstande, so ziemlich jeden Punkt der Oberfläche unseres Körpers mit den Fingerspitzen zu erreichen und einen Raum zu beherrschen, der als weiter Mantel unseren ganzen Körper umgibt. Die Wichtigkeit des Verkehrsraumes der Hand für den Schutz des Körpers und die Körperpflege ist aus dem Gesagten ersichtlich.

Viele Vierfüßler haben einen viel größeren Spielraum für kombinierte Bewegungen ihres Kopfes und Rumpfes. Ein Hund reicht mit der Schnauze fast an jede Stelle seines Körpers. Beim Vogel sitzt die Öldrüse, welche beim Einfetten und Reinigen des Federkleides mit dem Schnabel jedesmal aufgesucht werden muß, sogar am Bürzel. Durch die aufrechte Körperhaltung und durch unser labiles Gleichgewicht ist es der Hand ermöglicht worden, Aufgaben des Tiermaules zu übernehmen; Kopf und Mund haben sich dafür beim Menschen edleren Aufgaben widmen können (über Ersatz des Hautmuskels durch die Hand siehe S. 257).

8. Die Muskeln der Finger als aktive Bewegungsfaktoren (die kurzen Handmuskeln und die Sehnenapparate der langen Fingermuskeln).

a) Allgemeines.

Die Finger sind das eigentliche Greiforgan und verdienen deshalb eine biologische Sonderstellung. Der Schultergürtel, Arm und Hand sind Träger dieses Organs. Wie beim Kran zum Fußgestell und Hebelsystem schließlich die Greifklaue gehört, welche den eigentlichen Verkehr des ganzen Apparates mit der Umwelt ausübt, so sind bei den oberen Extremitäten die Finger wirkliche Vollzugsorgane, denen alles Übrige zu dienen hat. Es hat sich unter ihnen eine besondere Differenzierung zwischen den vier dreigliedrigen Fingern und dem zweigliedrigen Daumen vollzogen, welche die griechische Bezeichnung χειρ und αντιχειρ sehr klar zum Ausdruck bringt. Der Daumen kann sich der Handfläche in einem ihm eigenen Gelenk, dem Sattelgelenk, gegenüberstellen und wirkt so nicht nur gegen die dreigliedrigen Finger, sondern seiner Kleinheit wegen auch gegen den Handteller selbst und die Mittelhandknochen in diesem. Er reicht mit seiner Kuppe in der Regel ein wenig über die Mitte der Grundphalanx des Zeigefingers hinaus (Abb. 187). Dadurch, daß die Mittelhandknochen der dreigliedrigen Finger fest und unverschieblich mit den Handwurzelknochen an der Stelle verbunden sind, welche dem beweglichen Punkt des Daumens (Sattelgelenk) entspricht, wird ein Gegenarbeiten des Daumens mit seinem beweglichen Metakarpale als Gegenhand gegen den einheitlichen Handteller und ein festes Zugreifen möglich. Der Handteller selbst ist ein passiver Bestandteil in diesem Getriebe. Deshalb können wir die Finger als das aktive Element, trotzdem viele ihrer Teile in den Handteller hinein- und sogar weiter aufwärts am Arm hinaufreichen, als etwas Besonderes abgrenzen.

Selbständiges Greiforgan (und Ausdrucksmittel)

Der Handteller ist der Träger der kurzen Handmuskeln, welche nur mit Sehnen bis zu den Fingern reichen, und welche selbst auf ein Minimum an Raum und Größe reduziert sind, um die Hand möglichst zu entlasten. Viele Fingermuskeln haben wir bereits am Unterarm angetroffen, ihre Ursprünge reichen sogar meistens bis auf den Oberarmknochen hinauf; nur Sehnen erreichen vom Arm aus wie Transmissionsriemen die Finger. Letztere sind nur „Haut und Knochen"; denn je mehr ihr Gewicht vermindert ist, um so weniger werden die zartesten und feinsten Bewegungen durch Gewicht und Plumpheit der Muskeln erschwert. Sämtliche Motoren müssen wir außerhalb der Finger suchen.

Die Erwerbsbeeinträchtigung bei vollkommenem Verlust des Daumens der Arbeitshand wird bei der militärischen Begutachtung mit 25—$33^1/_3$% der Gesamterwerbsfähigkeit bewertet, bei Verlust des Zeige- oder Mittelfingers mit 15%, des Ring- oder Kleinfingers mit 10%. Darin kommt die Sonderstellung des Daumens zum Ausdruck. Die Bewertung ist ähnlich wie bei Verlust eines Auges ($33^1/_3$%).

Neben der Greiftätigkeit der Finger können auch der Arm und die Hand zum Greifen, Halten oder Tragen verwendet werden. Der rechtwinklig gebeugte Arm beispielsweise ist wegen seiner Hakenform und des günstigen Momentes der Beugemuskeln in dieser Stellung ein viel gebrauchter Träger; Henkelkörbe und dergleichen sind dem angepaßt. Aber die Spezifikation der Finger wird von keinem anderen Teil des Körpers auch nur annähernd erreicht. Sie sind den Greifklauen der Technik, der Krebsschere und anderen Apparaten ähnlicher Art bei Tieren, was Vielseitigkeit des Greifens angeht, ganz außerordentlich überlegen.

Die Finger spielen eine große Rolle als Ausdrucksmittel, Gestikulieren, besonders bei südlichen Rassen. Durch das hohe Tastvermögen der Fingerkuppen sind sie eine Art besonderen Sinnesorganes, für welches wiederum der große Verkehrsraum, den ihnen das Hebelsystem von Arm und Hand gewährt, das wertbestimmende Prinzip ist (S. 221). Das Dekadensystem ist von der Zehnzahl der Finger abgeleitet.

Der Daumen ist zwei-, und die übrigen Finger sind dreigliedrig; dementsprechend finden wir am Daumen zwei, an den übrigen Fingern drei Knochen,

Gliederung der Finger, relative Länge



Phalangen (Abb. 187). Die letzte Phalanx trägt den Nagel. Wir nennen die Glieder Grund-, Mittel- und End- (oder Nagel)glied und bezeichnen die Knochen entsprechend. Die Gelenke zwischen den Knochen heißen Grund-, Mittel- und Endgelenke, mit ihren wissenschaftlichen Namen Articulatio metacarpophalangea und Articulationes interphalangeae. Beim Daumen gibt es nur ein Grund- und Endglied (entsprechend ein Grund- und Endgelenk).

Der 3. Finger ist bei allen Primaten am längsten. Der 2. Finger ist bei den anthropomorphen Affen stets kürzer als der vierte. Beim Menschen meistens auch (Abb. 187); doch wechselt die relative Länge, es kann sogar der zweite Finger progressiv länger werden als der vierte. Beim Anpacken eines Gegenstandes mit der Faust ragen die beiden mittleren Finger (3. und 4.) gleich weit über die Randfinger (2. und 5.) hinaus und leisten die Hauptarbeit. Sie gehören vielleicht von jeher enger zusammen (Artiodaktylie, am reinsten bei paarzehigen Huftieren). Der fünfte Finger ist mit wenigen Ausnahmen kürzer als der Daumen, wenn man von den Rändern der Schwimmhautfalten zwischen den Fingern aus mißt.

Herkunft und Einteilung der kurzen Handmuskeln (Tabelle)

Sämtliche kurze Handmuskeln sind ihrer Anlage nach rein ventrale Muskeln. Es ist allerdings üblich (B. N. A.), bei der größten Gruppe volare und „dorsale" Muskeln zu unterscheiden, Mm. interossei volares s. interni et dorsales s. externi (Tabelle Nr. 2 und 3). Aber auch die „dorsalen" Muskeln entwickeln sich beim menschlichen Embryo ausschließlich in der Vola und sind zeitlebens beim Menschen von ventralen Nerven versorgt (N. ulnaris, vgl. auch S. 316). Sie haben vor den anderen voraus, daß sie dorsal bis zur Haut des Handrückens reichen; darauf ist die Bezeichnung „dorsal" begründet (pars pro toto). Ich ziehe die Epitheta: externi und interni vor.

Die Mm. externi sind nicht nur am Handrücken, sondern auch von der Hohlhand aus sichtbar (Abb. 215). Das ist die historische alte Lage, welche die gemeinsame Anlage aller Interossei beim menschlichen Embryo hat. Man erkennt noch beim erwachsenen Menschen leicht, daß auch die Interossei externi tiefe kurze Beuger sind, welche vom Handteller aus von ventral her an die Grundphalangen herantreten (Abb. 220). Die dorsale Lage von Teilen der Externi erklärt nicht die Gleichartigkeit der funktionellen und nervösen Beziehungen aller Interossei miteinander. So pflegt derjenige, welcher „dorsal" in diesem Fall irrtümlich als genetisches Beiwort versteht, durch die B. N. A. auf weitläufige Irrwege geführt zu werden, was tatsächlich nicht selten zu beobachten ist.

Die Muskeln der Vola liegen ursprünglich in vier Schichten übereinander. Von diesen sind bald viele, bald wenige Abkömmlinge beim Menschen erhalten und miteinander vermengt. Deshalb wenden wir hier eine mehr äußerliche Einteilung der Muskeln an, indem wir die Muskeln des Daumens und Kleinfingers (Tabelle Gruppe B, C) absondern und zuerst die dann übrig bleibenden Muskeln des Handtellers behandeln (Gruppe A). Für mannigfache Varietäten der kurzen Handmuskeln ist die alte Schichteneinteilung, welche darin verborgen steckt, nicht unwichtig.

Zur vierten (tiefsten) Schicht gehören die Mm. interossei, zur zweiten die Mm. lumbricales der menschlichen Anatomie. Von der dritten Schicht sind bei allen Säugetieren die Mm. contrahentes weit verbreitet; sie entspringen vom Metakarpale des Mittelfingers und strahlen von da an die anderen Mittelhandknochen aus. Es gibt beim Menschen nur einen einzigen Überrest von ihnen und zwar am Daumen. Von der ersten Schicht stecken Überbleibsel nur im Ballen des Daumens, Thenar, und Kleinfingers, Hypothenar. In der von uns zuerst behandelten Gruppe A ist also von oberflächlichen Muskeln und von Kontrahentes nichts erhalten. Angehörige der beiden anderen Schichten sind vorhanden; die Lumbrikales haben auf den Sehnen des tiefen langen Flexors Posto gefaßt.

Der Daumen- und Kleinfingerballen (Gruppe B und C der Tabelle) besitzen keine Lumbrikales, der Thenar birgt aber den einzigen Rest der Kontrahentes in sich, den Adductor pollicis (Tab. Nr. 8), der aus den Kontrahentes von Daumen-, Zeige- und Mittelfinger verschmolzen ist. Bei Affen (außer Orang und Gorilla) ist die entsprechende Muskulatur an allen Fingern besonders ausgebildet. Die Um- und Rückbildung beim Menschen entlastet die Hand und bevorzugt den

Kurze Handmuskeln
(rein ventrale Muskeln).

o = Ursprung (origo); i = Insertion (insertio).

A. Innere und äußere Muskeln des Handtellers (mit Ausnahme der Muskeln des Daumen- und Kleinfingerballens).

1. Mm. lumbricales (4) (S. 428).
   o: Sehnen des Flexor profundus.
   i: Radialer Zipfel der Dorsalaponeurosen des 2.—5. Fingers.
2. Mm. interossei interni s. volares (3) (S. 428).
   o: Ulnarseite des Metakarp. II., Radialseite des Metakarp. IV. und V.
   i: Gelenkkapseln der Artic. metac. phalangeae und Dorsalaponeurosen des 2., 4. und 5. Fingers.
3. Mm. interossei externi s. „dorsales" (4) (S. 430).
   o: gegenüberliegende Flächen je zweier benachbarter Metakarpalia (I—V).
   i: Gelenkkapseln der Artic. metac. phalangeae und Dorsalaponeurosen des 2., 3. und 4. Fingers.

B. Muskeln des Kleinfingerballens (Hypothenar).

4. M. opponens dig. quinti (S. 446).
   o: Hamulus des Hamatum, Lig. transversum carpi.
   i: Ulnarrand des Metakarpale V. bis zur Mitte des Knochens.
5. M. flexor dig. quinti brevis (S. 447).
   o: Hamulus des Hamatum, Lig. carpi transversum.
   i: Volarfläche der Basis der Grundphalanx.
6. M. abductor dig. quinti (S. 447).
   o: Sehne des Flex. carpi ulnaris, Os pisiforme, Lig. pisohamatum, Lig. carpi transversum.
   i: Ulnarrand der Basis der Grundphalanx.
7. M. palmaris brevis (S. 447).
   o: Ulnarrand der Palmaraponeurose, Lig. carpi transversum.
   i: Haut des Kleinfingerballens.

C. Muskeln des Daumenballens (Thenar).

8. M. adductor pollicis (S. 448).
   o: Caput obliquum: Basis der Metakarpalia II. und III., Kapitatum, Lig. radiatum.
   Caput transversum: Volarfläche des Metakarpale III., Kapitula der Metakarpalia II., III.
   i: Ulnares Sesambein der Artic. metacarpophalangea pollicis, Kapsel und Basis der Grundphalanx des Daumens.
9. M. opponens pollicis (S. 448).
   o: Lig. carpi transversum, Tuberositas des Multangulum majus.
   i: Radialseite des Metakarpale I.
10. M. flexor pollicis brevis (S. 448).
   o: Caput superficiale: Lig. carpi transversum.
   Caput profundum: Multangulum majus, minus, Kapitatum und Basis des Metakarp. I.
   i: radiales (und ulnares) Sesambein der Artic. metacarpophal. pollicis.
11. M. abductor pollicis brevis (S. 449).
   o: Endsehne des Abd. poll. long., Fascia antebrachii volaris, Tuberositas des Os naviculare und Lig. carpi transversum.
   i: radiales Sesambein, Seitenrand der Basis der Grundphalanx des Daumens.

Daumen. Im übrigen sind im Thenar und Hypothenar Muskeln der tiefsten und oberflächlichsten Schicht gemischt; auf die mutmaßliche Unterscheidung wird bei der Beschreibung der Muskelchen selbst zurückzukommen sein.

Alle kurzen Muskeln der Hand liegen so, daß das Muskelfleisch auf den Handteller beschränkt ist. Wir werden Gelegenheit haben, bei der Beschreibung derjenigen Sehnen, welche von hier aus zu den Fingern gehen, auf die Sehnen der langen Fingermuskeln zurückzukommen, deren Muskelbäuche bereits beim Arm behandelt wurden. Denn die Sehnen der langen und kurzen Fingermuskeln sind in ganz bestimmten Führungen oder Vereinigungen zusammengefaßt, durch welche sie erst auf die Finger wirken.

b) Innere und äußere Muskeln des Handtellers als aktive Bewegungsfaktoren (mit Ausnahme der Muskeln des Daumen- und Kleinfingerballens). Tabelle S. 427, Nr. 1—3.

Mm. lumbricales (Tab. Nr. 1), Abb. 174, 176—178, 215—217, 220

Musculi lumbricales. Die vier Muskeln, die spulwurmartig aussehen und danach genannt sind, liegen radial von den vier Sehnen des Flexor digit. profundus (Abb. 176); sie entspringen von diesen Sehnen selbst und inserieren am radialen Zipfel der Dorsalaponeurosen der dreigliedrigen Finger (Abb. 217; siehe folgenden Abschnitt). Der transportable Ursprung schützt die Muskelchen vor frühzeitiger Insuffizienz (z. B. beim Faustschluß, S. 342). Sie können zwar keine große Kraft entfalten, sind aber wegen der Mitarbeit des tiefen Fingerbeugers in jeder Stellung bereit zu wirken. Man zählt sie von der Radialseite der Hand her; der erste ist am zweiten Finger befestigt, der zweite am 3. Finger usw. Da wo die Lumbrikales zwischen zwei Sehnen des tiefen Beugers liegen, entspringen sie an beiden; sie sind zweiköpfig und gegen die gemeinsame Endsehne doppelt gefiedert. Nur der erste ist regelmäßig ungefiedert, da er nur die Sehne des tiefen Beugers zum Zeigefinger zur Verfügung hat. Auch der zweite Lumbrikalis ist häufig einköpfig, da der radiale Ursprungskopf oft fehlt (Abb. 176). Die Muskelchen liegen unmittelbar unter der Palmaraponeurose und weiter distal unter der Haut. Sie ziehen oberflächlich von den Ligamenta capitulorum transversa zu den Fingern und sind deshalb in ihren Bewegungen durch diese Bändchen nicht behindert (Abb. 177). Ihre Wirkung auf die Finger wird bei der Dorsalaponeurose behandelt, gemeinsam mit den anderen Muskeln, welche diese regieren.

Auch der 3. und 4. Lumbrikalis können einköpfig sein. Dagegen kommen auch Spaltungen des 1. und 2. vor. Ulnare Insertionen an den Fingern, Ursprünge am Flexor sublimis oder Ligamentum carpi transversum geben mit anderen Anomalien eines der wechselvollsten Bilder von allen Muskeln der oberen Gliedmaße. Innervation: Lumbrikalis I. und II. vom N. medianus, III. und IV. vom N. ulnaris, sehr oft L. III. von beiden. Die Medianusäste treten in die Oberfläche, die Ulnarisäste in die Unterfläche der Muskelchen ein. Segmentale Nerven: C 8, Th. 1. Blutzufuhr: Arcus volaris sublimis. Schleimbeutel: Die Schleimbeutel der Handwurzel umgeben die Ursprünge der Lumbrikales an den Sehnen des tiefen Beugers, endigen aber so, daß fast die ganzen Muskelchen ihren Weg nach der Dorsalseite der Finger außerhalb der Sehnenscheiden nehmen können (S. 372). Der 4. Lumbrikalis kommt aus der durchlaufenden Sehnenscheide des 5. Fingers seitlich heraus und verläuft ebenfalls frei neben ihr. Er ist aber durch die Sehnenscheide mehr beeinflußt als die übrigen; oft ist auch hier der Muskel unbehindert, weil die karpale und digitale Sehnenscheide am 5. Finger getrennt bleiben können.

Mm. interossei interni (Tab. Nr. 2), Abb. 174, 176, 177, 215—217

Musculi interossei interni (s. volares). Jeder dreigliedrige Finger hat zwei kurze tiefe Flexoren, welche so zu den beiden Seiten seines Metakarpale liegen, daß sie gemeinsam den Finger im Grundgelenk beugen, und daß jeder für sich den Finger lateralwärts aus seiner Ruhelage zu bewegen vermag. Man gehe z. B. vom Ringfinger der Abb. 215 aus und überzeuge sich von der Lage des M. interosseus internus II. und M. i. o. externus IV. zu ihm. Da jeder der dreigliedrigen Finger ein entsprechendes Paar von Muskelchen hat, so gibt es im ganzen deren acht. Von ihnen heißen sieben: Interossei. Sie liegen in den Zwischenräumen zwischen den Metakarpalia, Spatia, und füllen diese aus, so daß Knochen und Muskeln zusammen eine einheitliche Platte formen, die Grundlage des Handtellers. Der achte Muskel wird in der menschlichen Anatomie als M. opponens digiti V. bezeichnet (Tab. Nr. 4). Nach dem Handrücken zu sind die Knochen und Muskeln nur von den Sehnen des langen Fingerstreckers bedeckt. Nach dem Handteller zu liegt auf ihnen ein Teil der Daumenmuskeln, die Sehnen der beiden langen Fingerbeuger mit ihren Sehnenscheiden und den Mm. lumbricales und die derbe Palmaraponeurose, so daß sie an dieser Seite von der Haut weiter entfernt sind (Abb. 216). Ge-

rade die Interossei interni liegen infolgedessen ganz versteckt und sind von außen nicht zu sehen.

Die drei Muskeln sind gegenüber den Externi dadurch charakterisiert, daß sie von dem Mittelhandknochen des gleichen Fingers entspringen, an welchem sie inserieren (Abb. 174, ausgezogene Pfeile). Der Interosseus int. I. gehört als Adduktor zum Zeigefinger, der Interosseus int. II. zum Ringfinger, der Interosseus int. III. zum Kleinfinger.

Auf die Wirkung dieser Muskeln im einzelnen kann erst bei Beschreibung der Dorsalaponeurose eingegangen werden (S. 431).

Die üblichen Bezeichnungen: Ab- und Adduktion der Finger (S. 319) haben den Vorteil, uns darauf aufmerksam und uns verständlich zu machen, daß nicht

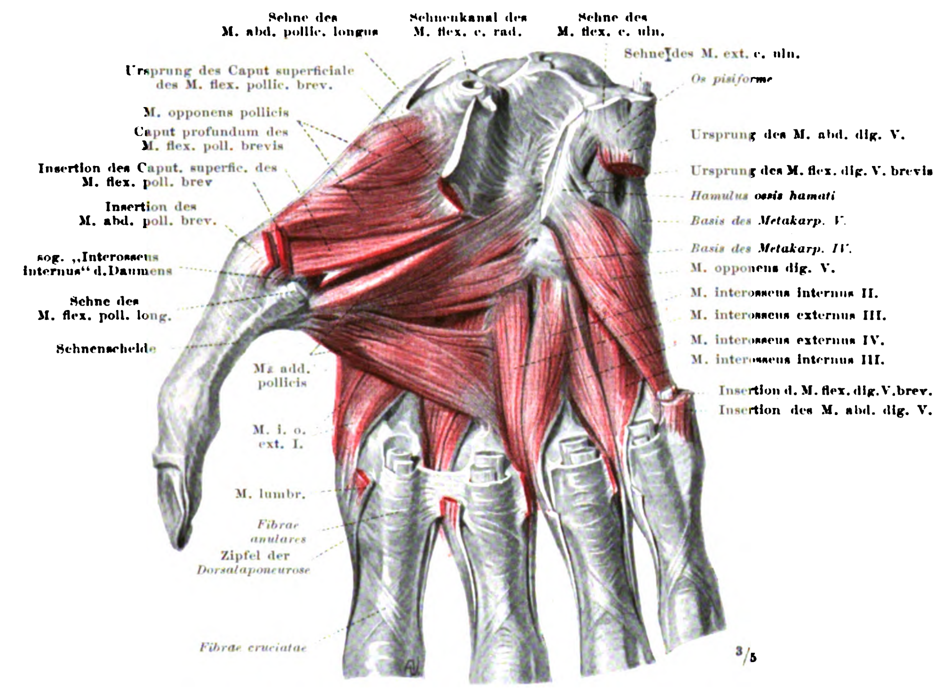


Abb. 215. Die tiefen kurzen Handmuskeln. Lig. carpi transv. aufgeklappt (in der Tiefe des Canalis carpi das Os capitatum und Lig. radiatum). Die Sehnen der langen Fingerbeuger beim Eintritt in die Sehnenscheiden der Finger durchschnitten (zu oberst M. flex. dig. subl., darunter M. flex. dig. prof.). Zwischen Zeige- und Mittelfinger das Lig. capitat. transv. erhalten (darunter M. inteross. int. I und ext. II), zwischen den übrigen dreigliederigen Fingern durchschnitten. Zwischen den beiden Verweisungsstrichen des M. opponens poll. liegt eine Vertiefung des Muskels: Lager des M. abd. poll. brevis; distal davon der Abdruck des Caput superf. des M. flex. poll. brev. (das Bett des Muskels ist zum Teil vom Opponens, zum Teil vom Caput prof. des Flex. poll. br. gebildet).

in allen Spatiis je ein Internus und Externus liegt. Wir denken uns alle Abduktionen der Finger vom Mittelfinger weggerichtet. Die Interni adduzieren, die Externi abduzieren. So hat der Mittelfinger überhaupt keinen Internus, weil der Externus der einen Seite die Abduktion rückgängig macht, welche der Externus der anderen Seite ausgeführt hat; der Zeige- und Ringfinger haben von beiden Sorten je einen Muskel, der Kleinfinger hat nur einen Internus (der Opponens vertritt hier den Externus). — Vor der Benennung der Fingerbewegung nach der eigenen Achse des betreffenden Fingers sei ausdrücklich gewarnt. Der Internus II., welcher in diesem Sinne Abduktor (nach der radialen Seite) ist, wird üblicherweise Adduktor genannt, weil er den Zeigefinger auf den Mittelfinger hin bewegt.

Die Interossei interni sind zwar äußerlich einköpfig, haben aber im Innern des Muskelfleisches eine Zwischensehne, welche in die Endsehne fortgesetzt ist. Die Muskelfasern sind doppelt gefiedert. Es bedurfte nur des äußeren Anstoßes,

um aus ähnlichen Muskeln zweiköpfige Muskeln entstehen zu lassen, wie es die Interossei externi sind. Die Sehnen liegen bei allen Interossei tiefer als die Ligg. capitulorum transversa (Abb. 177).

Innervation: R. profundus des Nervus ulnaris. Segmentbezüge: C 8, Th 1. Blutzufuhr: Arcus volaris profundus.

Mm. interossei externi (Tab. Nr. 3), Abb. 132, 174–177, **180, 215** bis 217, 220

Musculi interossei externi (s. dorsales). Sie sind zweiköpfig (z. B. der erste in Abb. 220). Wir können uns die innere Doppelfiederung eines Internus so ausgebreitet denken, daß jede Fiederreihe je einen Ursprungskopf für sich formt. Der eine Kopf bleibt auf den Mittelhandknochen desjenigen Fingers beschränkt, an welchem der betreffende Externus inseriert. Der andere Kopf ist letzterem gegenüber selbständig geworden, weil er am Nachbarmetakarpale Anheftung gefunden hat und hier Raum genug zur eigenen Ausbildung besitzt (Abb. 216, längerer Schaft der gespaltenen Pfeile). Der erste der beiden Köpfe hat auf seinem Knochen die ganze Seitenfläche frei zu seiner Verfügung, weil hier kein anderer Muskel angeheftet ist. Für den zweiten Kopf ist in drei Spatia freier Raum in dorsaler Richtung vorhanden; volar sitzen bereits die ent-

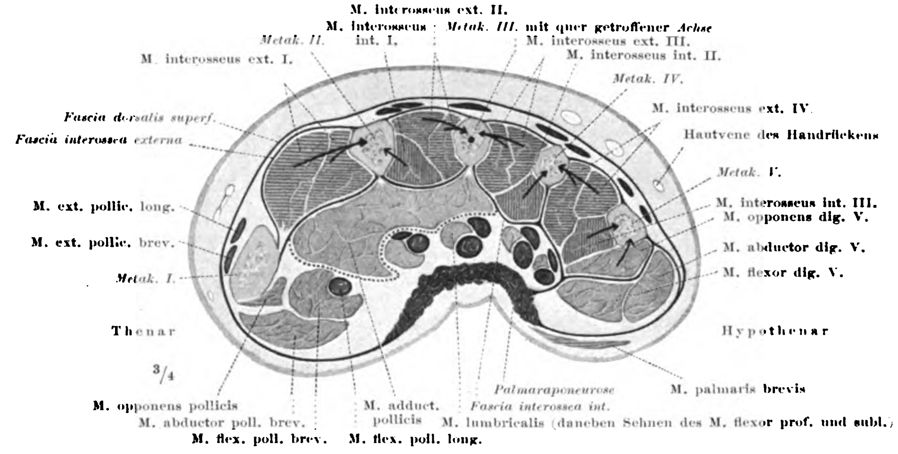


Abb. 216. Querschnitt durch die Hand, Metacarpalia. Gefrierpräparat. Faszienlogen. Mm. interossei interni vertikal schraffiert, Mm. i. o. externi horizontal schraffiert. Pfeile schematisch nach dem Metakarpale zu, an dessen Finger der betr. Interosseus inseriert (viel weiter distal als in diesem Niveau!). Punktierte Linie: Faszie des M. add. pollicis. Zwischen dieser und der Palmaraponeurose vier Bündel langer Beugesehnen mit Lumbrikales (eines bezeichnet). Am Handrücken schwarz die Querschnitte der langen Strecksehnen (Ext. digit. comm., Ext. indic. propr., Ext. dig. V. propr.).

sprechenden Interni. So kommt es, daß volar nur ein Kopf der Externi frei liegt (Abb. 215), daß der andere nur dorsal sichtbar ist. Von der Dorsalseite sieht man beide Köpfe der Externi (Abb. 180); sie verdecken hier die Interni.

Man wird sich über die gegenseitige Lage der Externi und Interni, welche den engen Raum zwischen den Knochen aufs beste ausnutzen, an der Abbildung 216 am besten orientieren können. Der Externus I. macht den übrigen seines Namens gegenüber eine Ausnahme, da er volar von keinem Internus bedeckt ist. Seine Kontraktion ist sehr leicht äußerlich sichtbar. Er springt als dicker Wulst dorsal im Spatium zwischen Daumen und Handteller vor, wenn der Daumen kräftig adduziert wird (Abb. 132). Bei Lähmungen der Interossei (Ulnarislähmung) sinkt dieses Spatium am ersten ein. Später schwindet auch in den übrigen Spatien die Muskelsubstanz; man bemerkt daran im Gegenbeispiel, wie stark die Interossei an der Gesamtform des Handrückens in der Norm beteiligt sind. Bei geballter normaler Faust sieht man, wie der Handrücken sich glättet und rundet; das beruht auf den sich vorwölbenden Muskelmassen der Interossei.

Lage und Befestigung

Die Lage und Verteilung der Köpfe der Externi ist folgende: der Ext. I. liegt im ersten Spatium, entspringt am Mtc. I. und Mtc. II. und inseriert am

zweiten Finger; der Ext. II. liegt im zweiten Spatium, entspringt am Mtc. II. (dorsaler Kopf) und am Mtc. III. (dorso-volarer Kopf), er inseriert am dritten Finger; der Ext. III. liegt im dritten Spatium, entspringt am Mtc. III. (dorso-volarer Kopf) und am Mtc. IV. (dorsaler Kopf), er inseriert ebenfalls am dritten Finger; der Ext. IV. liegt im vierten Spatium, entspringt am Mtc. IV. (dorso-volarer Kopf) und am Mtc. V. (dorsaler Kopf), er inseriert am vierten Finger.

Mnemotechnisch läßt sich die Lage aus den abduktorischen Wirkungen der Externi (ab — ex) zur Mittelachse des dritten Fingers ableiten. Jeder Finger hat für die Abduktion die nötigen Externi; nur bei den Randfingern sind besondere Muskeln dafür vorhanden (Abduktoren des Daumens und Kleinfingers). Man präge sich ferner ein, daß die Interni sich nur da finden, wo nicht schon andere Muskeln die Adduktion besorgen, wie beim Mittelfinger die Interossei externi und beim Daumen der Adductor pollicis (Tab. Nr. 8).

Zwischen den beiden Ursprungsköpfen der Externi besteht eine kleine Lücke, durch welche Gefäße perforieren. Beim ersten Externus ist die Lücke relativ groß (Abb. 220), weil durch sie die Arteria radialis mit ihren Begleitvenen vom Rücken der Hand zum Handteller gelangt. Sonst verlaufen feine Arteriae carpeae von der Vola dorsalwärts durch die Lücken; im vierten Spatium fehlt die Lücke manchmal ganz. Doch kann ausnahmsweise im zweiten oder dritten Spatium ein größeres Loch für eine abnorm verlaufende A. radialis bestehen.

Innervation und Blutzufuhr wie bei den Interni. Es können vielleicht Reste wirklich dorsaler Mukeln (wie die Extensores breves am Fuß) auf dem Handrücken existieren und mit den Externi (besonders dem 2. und 3.) verschmolzen sein. So wird wenigstens die Tatsache gedeutet, daß beim Menschen manchmal Äste des Nervus radialis in die Externi eindringen. Eine Funktion läßt sich von denselben nicht auslösen (weder durch den Willen bei Lähmungen des M. ulnaris, noch in der Norm durch die Reizung des N. radialis).

c) Dorsalaponeurose der dreigliedrigen Finger.

Die Sehnen der langen Fingerstrecker breiten sich an der Rückseite eines jeden Fingers zu einer Aponeurose aus, welche wie ein dünnes Tuch über die drei Phalangen gebreitet ist, Dorsalaponeurose. Die Basis ist besonders breit und hängt mit je zwei Zipfeln zu beiden Seiten der Grundphalanx nach der Hohlhand zu über. In diese Zipfel gehen die Sehnen der Interossei und Lumbrikales über (Abb. 220, 217). Allgemeine Form und Zusammensetzung

Die Aponeurose des Zeigefingers setzt sich aus fünf Einzelsehnen zusammen: median aus dem Extensor digit. communis und Extensor indicis proprius, radial aus dem Interosseus ext. I. und Lumbrikalis I. und ulnar aus dem Interosseus int. I. Die Aponeurosen des 3. und 4. Fingers empfangen je vier Einzelsehnen und zwar beide median je eine Sehne des Ext. digit. communis; außerdem wird die des dritten Fingers radial durch den Interosseus ext. II. und Lumbrikalis II., ulnar durch den Interosseus ext. III. gespeist, die des 4. Fingers radial vom Interosseus int. II. und Lumbrikalis III., ulnar vom Interosseus ext. IV. Die Aponeurose des 5. Fingers setzt sich aus drei Einzelsehnen zusammen: median die Sehne des Ext. digit. communis und Ext. dig. V. proprius, radial die Sehne des Interosseus int. III.

Die zahlreichen Einzelsehnen des Fingerrückens bilden eine einzige aponeurotische Membran. Darauf beruht ihre Wirkung. Die Dorsalaponeurosen sind befestigt an den Basen der Mittel- und Endphalangen (Abb. 175). Ziehen die langen Strecker median an der Basis der Aponeurosen, so strecken sie die Finger in ihrem Grundgelenk. Andrerseits werden bei jeder starken Flexion in diesem Gelenk die langen Sehnen passiv so sehr gedehnt, daß sie seitlich über die Köpfchen der Mittelhandknochen abzurutschen suchen, wie man an der eigenen Hand leicht sehen kann. Die Einpflanzung in die flächenhaft ausgebreitete Dorsalaponeurose verhindert aber ein wirkliches Abgleiten; die Sehnen haben vielmehr in der Aponeurose im ganzen ihre Führung. Die seitlichen Zipfel mit den daran befestigten Muskeln richten immer die Aponeurose so aus, daß die median inserierenden Muskeln nicht völlig von den Knöcheln der Mittelhandknochen abgleiten können; die langen Strecker haben Aufgaben für die Flexion und Extension in den drei Fingergelenken



in diesen Knochenvorsprüngen ein wirksames Hypomochlion, um den flektierten Finger kräftig im Grundgelenk zu strecken. Auf dieses Gelenk konzentriert sich ihre Kraft.

Die Interossei und Lumbrikales, welche an den seitlichen Zipfeln inserieren, halten nicht nur die Aponeurosen wie die Wanten eines Schiffsmastes, sondern wirken, da sie von volar her an die Grundphalanx herantreten, beugend auf das Grundgelenk selbst (Abb. 221 a). Sie sind für dieses Gelenk Antagonisten der langen Extensoren, welche im Grundgelenk strecken. Faßt man an einem Präparat die beiden Zipfel einer Dorsalaponeurose mit zwei Pinzetten und zieht an ihnen, so wird der betreffende Finger im Grundgelenk flektiert; gleichzeitig streckt er sich automatisch durch diesen Akt im Mittel- und Endgelenk. Die

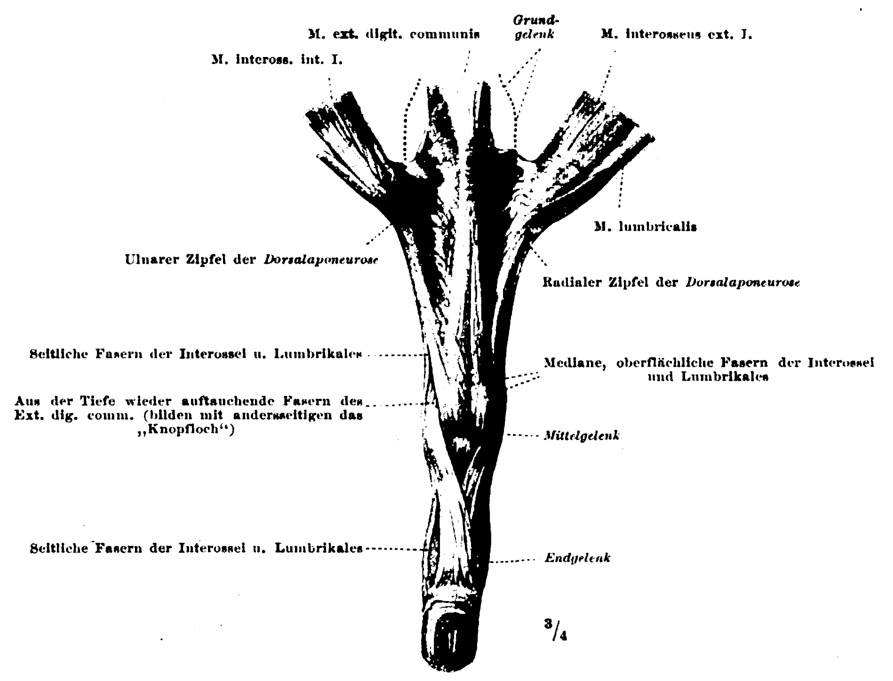


Abb. 217. Dorsalaponeurose des rechten Zeigefingers, die Basis flach ausgebreitet (Skelett darunter punktiert eingetragen).

Flexion im Grundgelenk findet statt, weil die Zipfel der Dorsalaponeurose volar vom Grundgelenk liegen; da die Dorsalaponeurose selbst aber rein dorsal zu dem Mittel- und Endgelenk liegt, so muß sie in beiden zugleich zwangsläufig strecken. Es gibt Nervenverletzungen, bei welchen alle Beugemuskeln des Zeigefingers mit Ausnahme der Interossei ausgeschaltet sind. Hier tritt wie in einem Experiment die Wirkung der letzteren rein hervor (Abb. 218).

Flexion im Grundgelenk und Extension im Mittel- und Endgelenk sind aber nicht untrennbar aneinander gebunden, obgleich sie gleichzeitig durch die eine Dorsalaponeurose ausgeführt werden können. Der lange Strecker kann, da er stärker als die kurzen Muskeln ist, das Grundgelenk gegen deren Wirkung gestreckt halten. Dann werden von den kurzen Muskeln nur die distalen Gelenke gestreckt. In einem solchen Fall stehen die Finger vollkommen gerade.

Reißt die Dorsalaponeurose über der Mittelphalanx bei einem Fall oder einem Schlag auf den gestreckten Finger, so hängt das Endglied herab und kann nicht mehr gestreckt werden (Hammerfinger). Das Köpfchen der Grundphalanx kann

auch durch die Dorsalaponeurose hindurchgetrieben werden, so daß sie volar vom Drehpunkt des Mittelgelenkes zu liegen kommt. Ihre Wirkung kehrt sich um: sie unterstützt nunmehr die Beugung im Mittel- und Endgelenk. Auch diese Fälle beweisen indirekt die normale Wirkung der Aponeurose.

Wirkung der kurzen und langen Fingermuskeln

Wir sahen, daß die Wirkung der Dorsalaponeurose, je nachdem von den in sie einstrahlenden Muskeln median an der Basis oder lateral an beiden Zipfeln gezogen wird, folgende ist: Extension oder Flexion im Grundgelenk, ausnahmslos Extension im Mittel- und Endgelenk. Es sei daran erinnert, daß die Beugung im Mittel- und Endgelenk von den beiden langen Beugern ausgeübt wird. Die Gesamtwirkung aller langen Fingermuskeln (Strecker und Beuger) besteht in gleichzeitiger Streckung im Grundgelenk und Beugung in den beiden distalen Gelenken (Abb. 221 b).

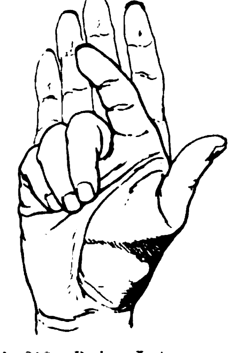


Abb. 218. Reine Interosseuswirkung am Zeigefinger. Ausgangs- und Schlußstellung auf der gleichen Platte (nach Photogr. von Dr. Wiedhopf). Lähmung des Nervus medianus. Dabei fallen am Zeigefinger die beiden langen Beuger und der Lumbricalis aus. Die Interossei externi und interni (vom N. ulnaris versorgt) und die langen Strecker (vom N. radialis versorgt) sind erhalten. Letztere durch den Versuch, die Faust zu schließen, willkürlich ausgeschaltet. Das Versagen des Mittel- und Endgelenkes des Zeigefingers beim Faustschluß ist für die Medianuslähmung sehr charakteristisch. Ferner Atrophie des Daumenballens, Hyperextension des Endgliedes des Daumens. Der Daumen bleibt in der gleichen Ebene wie der Handteller (Affenhand).

Diese Stellung wird fixiert, wenn die kurzen Muskeln (Interossei und Lumbrikales) gelähmt sind, so daß in dem Spiel der Kräfte die langen Muskeln dauernd das Übergewicht haben (Krallenhand, Abb. 222b). Sie ist in der Norm charakteristisch für die Wirkung der langen Muskeln, bei abnormem Dauerzustand ein Kennzeichen einer alten Lähmung des Nervus ulnaris, welcher die kurzen Muskeln versorgt. An sich vermögen die langen Beuger auch im Grundgelenk zu beugen, da sie auch dieses überspringen. Da aber die langen Strecker ein größeres Moment an diesem Gelenk haben (siehe oben), so tritt ihre Wirkung allein zutage. Aus demselben Grund übertrumpfen die langen Beuger die Strecker am Mittel- und Handgelenk.

Sind die kurzen Muskeln allein und gemeinsam tätig, so ergibt sich gerade die entgegengesetzte Stellung wie bei dem Synergismus der langen Fingermuskeln. Die kurzen Muskeln beugen in den Grundgelenken und strecken in den beiden distalen Gelenken (Abb. 221 a).

Auch diese Stellung kann einigermaßen fixiert sein, wenn nämlich die langen Extensoren gelähmt sind (Radialislähmung, Abb. 219). Die distalen Gelenke sind dabei freilich nur unvollkommen gestreckt, weil die langen Flexoren den Widerstand der kurzen Muskeln überwinden.

Ab- und Adduktionen im Grundgelenk

Wirken die kurzen Muskeln anstatt auf beide Zipfel einer Dorsalaponeurose nur einseitig auf einen Zipfel, so ab- oder adduzieren sie, je nachdem der dem Mittelfinger zu- oder abgewendete Zipfel bewegt wird. Sie müssen gemeinsam mit den langen Muskeln arbeiten, wenn eine reine Extension zustande kommen soll, weil die langen Extensoren allein nicht nur strecken, sondern gleichzeitig ein wenig spreizen. Ebenso müssen die kurzen Muskeln mit den langen Beugern gemeinsam arbeiten, um eine reine Flexion zu erzeugen, weil die langen Flexoren wegen ihrer Divergenz vom Canalis carpi aus eine adduzierende Komponente haben. Durch richtig dosierte Arbeitsgemeinschaft werden die ab- und adduktorischen Abweichungen gegeneinander ausgeglichen.

Bei mageren Händen kann man gelegentlich durch die Haut hindurch den seitlichen scharfen Rand der Dorsalaponeurose beim Spreizen der Finger beobachten.

Kausale Beziehung zum Bau beider Interosseusarten

Das Muskelspiel bei der Ab- und Adduktion der Finger ist für das Verständnis der beiden Interosseusarten besonders wichtig. Aus der extremen Spreizung führen sämtliche langen Muskeln die Finger gegen den Mittelfinger

hin bis zur Eigenstellung der langen Strecker d. h. bis in die Richtung der Mittelhandknochen. Die Interossei interni haben darin kräftige Synergisten. Deshalb sind sie selbst verhältnismäßig schwach, einköpfig; die Externi sind zweiköpfig und schwerer, die Muskelgewichte verhalten sich wie 1 : 4. Für sich allein haben die Interni eben nur die Adduktion auszuführen, welche bei Spannung der langen Fingermuskeln von deren Eigenstellung bis zur völligen Adduktion übrig bleibt. Für diese kleine Strecke müssen sie gegebenenfalls die aktive oder passive Spannung der langen Strecker überwinden. Die Interossei externi finden dagegen keine Unterstützung durch die langen Sehnen außer für die kleine Strecke der Abduktion, welche bis zur Eigenstellung der langen Muskeln führt. Dagegen müssen sie die aktive oder passive Spannung der letzteren überwinden können. Wenn wir z. B. kräftig die Finger im Grundgelenk strecken und gleichzeitig im Mittel- und Endgelenk beugen, so können wir mittels der Externi gerade so weit spreizen wie bei völlig gestreckten Fingern. In diesem Fall ist trotz Gegenspiel aller langen Fingermuskeln die Wirksamkeit der Externi sinnfällig. Am deutlichsten ist ihre antagonistische Wirkung zu den langen Muskeln beim Mittelfinger. Denn hier wird jede Bewegung nach der Seite (ulnar- oder radialwärts) den Widerstand der langen Muskeln finden können. Daher hat der Mittelfinger nur Interossei externi.

Antagonismus und Synergismus der Interossei

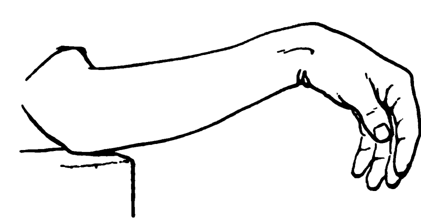


Abb. 219. Hand- und Fingerstellung bei Lähmung des N. radialis (aus Villiger: Periphere Nerven, Leipzig 1915).

Es sei besonders hervorgehoben, daß die ad- und abduzierende Wirkung der Interossei, wenngleich sie für die Differenzierung in Interni und Externi ausschlaggebend ist, nicht die wichtigste Aufgabe der Muskeln ist (wie vom Anfänger leicht angenommen wird, weil die Beschreibung der Unterschiede der Externi und Interni am zweckmäßigsten davon ausgeht). Erst durch die Anwesenheit der Dorsalaponeurose, welche die Wirkung aller kurzen Muskeln eines Fingers vereinigt, ist es möglich zu verstehen, daß Flexion (im Grundgelenk) und Extension (im Mittel- und Endgelenk) bei Synergismus aller Externi und Interni eintritt. Bei den Ab- und Adduktionen arbeiten die Externi und Interni als Antagonisten.

Durchflechtung der Fasern

Innerhalb der einheitlichen Dorsalaponeurosen sind Faserzüge unterscheidbar, welche bestimmte, in die Aponeurose im ganzen ausstrahlende Sehnen fortsetzen und also zu ihnen gehören. Sie sind den Zugtrajektorien in einer einheitlichen Knochenlamelle vergleichbar und repräsentieren die Hauptbeanspruchungssysteme der Aponeurose. Die Sehnenfasern des Extensor dig. communis setzen sich in Züge fort, welche in der Tiefe unter den Fasern der Interossei und Lumbrikales auseinanderweichen, und welche längsverlaufende Sehnenfasern aus den beiden genannten Muskeln wie durch ein Knopfloch hindurchlassen (Abb. 217). Die Fasern der Interossei und Lumbrikales sind in dem Knopfloch „geführt". Die Einrichtung ähnelt dem Durchschlüpfen der Sehne des Flexor profundus durch die Sehne des Flexor sublimis an der Volarseite der Finger. Nur ist innerhalb der Dorsalaponeurose die oberflächliche Faserart, welche die Interossei und Lumbrikales fortsetzt, diejenige, welche zwischen den Fasern der tieferen Schicht hindurchtritt, um das Skelett weiter proximal zu gewinnen. Es kommen aber manche individuelle Abweichungen vor.

Die Interossei inserieren außerdem an den Gelenkkapseln der Grundgelenke selbst und abduzieren die Finger mit diesen Fasern besonders wirksam. Schließlich gibt es Fasern, welche von den Interossei zu den Kapseln des Mittel- und Endgelenkes zu verfolgen sind. Sie kreuzen die Sehnenfasern des Ext. dig. communis nicht, sondern liegen seitlich von ihnen und begleiten sie eine Strecke weit oder bis zu ihrem Ende (Abb. 217). Alle seitlich liegenden Fasern verändern bei Beugung im Mittelgelenk ihre Lage zu der Gelenkachse besonders stark, während die in der Mitte des Fingerrückens liegenden dies nicht können. Erstere er-

zwingen auf diese Weise für jede Stellung des Mittelgliedes eine zwangsläufig zu ihr gehörige bestimmte Stellung des Endgliedes.

Beschränkung des langen Streckers auf das Grundgelenk

Aus der Insertion von Sehnenfortsetzungen des Ext. digit. communis an der Endphalanx darf nicht der Schluß gezogen werden, daß dieser Muskel imstande sei, besonders auf das Endglied der Finger zu wirken. Dafür ist die Hebelwirkung viel zu gering. Wegen der Drehmomente streckt er nur im Grundgelenk (S. 433). Bei Lähmungen des langen Streckers kann im Mittel- und Endgelenk unverändert gut gestreckt werden, sobald die Hand und die Grundphalanx passiv in die Normalstellung gebracht werden; es ist daran wie an einem Experiment zu sehen, daß die aktive Kraft des langen Streckers nicht nötig ist, um in den distalen Gelenken zu strecken. Bei der Leiche kann allerdings durch Ziehen an seinen Sehnen auch im Mittel- und Endglied gestreckt werden.

Mutmaßliche Rollenverteilung zwischen den Lumbrikales und Interossei

Die Lumbrikales spreizen nicht, sind aber als Beuger für das Grundgelenk und Strecker für die beiden distalen Gelenke trotz ihrer relativ geringen Muskelmasse sehr wirksam. Sie sind allerdings wegen ihres transportablen Ursprunges abhängig vom Spannungszustand des Flexor profundus. Distal sind sie viel freier als die Interossei, weil sie oberflächlich von dem Querzug der Ligamenta transversa capitulorum verlaufen und ihn als Hypomochlion benutzen (Abb. 177, 215). Die Interossei liegen dorsal vom Querzug und werden durch ihn bei manchen Fingerstellungen gehemmt. Auch erschöpft sich bei ihnen wegen der Kürze der Muskelfasern viel eher die an sich beträchtliche Kraft durch Insuffizienz, die bei den langen, transportablen Spulwurmmuskeln vermieden werden kann. Erstere können für große Kraft der Fingerbewegung oder energische Feststellung, allerdings nur in bestimmten Stellungen, sorgen (Hauptarbeitsstellungen), letztere vermögen nur eine viel bescheidenere Leistung zu liefern, sind dafür aber in allen Stellungen der Hand und Finger arbeitsfähig. So ergänzen sich wahrscheinlich beide. Wenn die Gelenke abgelaufen sind, so ist noch so viel Muskelenergie verfügbar, daß sie versteift werden können (Übersuffizienz, S. 332).

Die Lumbrikales sind nicht alle vom Nervus ulnaris versorgt wie die Interossei. Die Wirkung der kurzen Muskeln auf die Dorsalaponeurose des Zeige- und Mittelfingers kann deshalb teilweise erhalten sein, wenn der Ulnaris gelähmt ist. In diesem Fall ersetzen die Lumbrikales die Interossei einigermaßen; ihre Eigenwirkung kommt rein zur Geltung. Nur beim Ring- und Kleinfinger ist bei Ulnarislähmung die Wirkung meistens ausgeschaltet (falls nicht auch diese individuell vom N. medianus mitversorgt sind). Umgekehrt steht der Zeigefinger (bei isolierter Lähmung der Medianuszweige zur Hand) im Grundgelenk leicht hyperextendiert und im Endgelenk leicht flektiert, weil der Lumbrikalis I. ausgefallen und das Gleichgewicht der übrigen Muskeln gestört ist.

d) Faszien der Hand und volare Sehnenscheiden der Finger.

Faszien und Logen des Handtellers

Die Faszien der Hand gehören zum Teil zu den Muskeln der Finger, deren Muskelfleisch in der Tiefe der Hohlhand in besonderen Logen geborgen ist. Auch die langen Fingermuskeln werden im Handteller und an den Fingern durch Faszien geführt. Ich stelle hier alles zusammen, was über die Faszien der Hand und der Finger wichtig ist.

Auf der Volar- und Dorsalseite der Metakarpalia gibt es je eine dünne, aber resistente Faszie, welche an den Knochen befestigt ist und die Mm. interossei in den Zwischenräumen zwischen ihnen bedeckt: Fascia interossea interna (anterior) und externa (posterior, Abb. 216). Dorsal gibt es außer dem tiefen Blatt noch ein oberflächliches: Fascia dorsalis superficialis. Zwischen beiden liegen die bandartig abgeplatteten Sehnen der langen Fingerstrecker. Sie sind auch unter sich durch Faszienblätter verbunden, F. intertendinosa, außerdem durch die Sehnenbrücken der Sehnen selbst (Abb. 184). Die eigentliche Hohlhand ist in drei Logen geteilt: die mittlere enthält die Sehnen der langen Beuger mit den Mm. lumbricales, mit Gefäßen und Nerven; die beiden Randlogen entsprechen den beiden Ballen. Alle drei sind durch die Aponeurosis palmaris gegen die Haut abgeschlossen (Abb. 216).

Die Aponeurose ist nur über dem mittleren Fach aus straffen Sehnenfasern gebildet; seitlich geht sie über den Ballen in dünne Faszien über. Die Fascia interossea anterior steht mit der Faszie des Hypothenar in Zusammenhang und zieht von der



Lötstelle bis an das Metakarpale IV. Sie grenzt das Mittelfach von dem Kleinfingerballen ab. Die Faszie des M. adductor pollicis begrenzt auf der anderen Seite das Mittelfach gegen den Daumenballen. Die Logen sind gut abgedichtet, denn Eiterungen in einer der Randlogen bleiben zunächst auf sie beschränkt.

Palmaraponeurose und 7 Wege der Mittelloge

Die Aponeurosis palmaris (Abb. 178) besteht aus längs- und querverlaufenden Faserzügen. Die ersteren setzen die Sehnenfasern des M. palmaris longus fort, entspringen aber auch vom distalen Rand des Ligamentum carpi transversum, und kommen, wenn der Muskel fehlt, nur von diesem Bande. Sie sind gegen die Finger hin weniger straff, setzen sich aber zum Teil bis auf die Verstärkungen der Digitalscheiden fort. Andere Fasern inserieren an der Haut und erzeugen in dieser Grübchen über der Basis der Grundphalangen. Die Querzüge sind besonders deutlich im distalen Teil des Handtellers und formen hier ein besonderes Band: Ligamentum natatorium. Es liegt so weit distal, daß die Hälfte der Grundphalangen noch in den Handteller mit einbezogen ist. Die Haut des Handtellers, welche das Band überzieht, heißt Schwimmhaut. Sie wird besonders bei gespreizten Fingern angespannt, legt sich, wenn man bei gestreckten Fingern einen Finger allein z. B. den vierten im Grundgelenk zu beugen sucht, wie eine Schlinge um die Fingerwurzel und hemmt isolierte Volarflexionen im Grundgelenk. Außerdem ziehen etwa 1 cm oder noch weiter proximalwärts Querzüge unter den Längszügen der Palmaraponeurose her, Fasciculi transversi. Zwischen diesen und dem Lig. natatorium bleiben Lücken offen, welche durch die Längszüge über den Fingerbeugern in viereckige Fenster zerlegt werden. Aus den Fenstern quillt — namentlich bei Überstreckung der Finger — das tiefe Fett gegen die Haut vor. Diese Vorwölbungen unserer Hand (Monticuli der Chiromanten) entsprechen den Spalten zwischen den Fingern (interdigital, S. 351).

Die Sehnen der langen Beuger sind paarweise mit je einem M. lumbricalis durch Faszienzüge zu einem Bündel vereinigt (Erklärung zu Abb. 216). Zwischen je zwei Bündeln bleibt ein Raum frei, welcher distalwärts in die Interdigitallücken der Aponeurosis palmaris mündet. Proximal hängt jeder Zwischenraum mit dem Canalis carpi und mit einer Spalte zwischen dem Lig. carpi transversum und dem Lig. carpi volare zusammen (S. 370). In diesen Räumen verlaufen die Gefäße und Nerven für die Finger. Die Hüllen für die vier Sehnenbündel und die drei Zwischenräume zwischen ihnen sind ein Fächer von sieben verschiedenen Wegen, welche sämtlich im Mittelfach der Hand liegen und die Verbindung zwischen Unterarm und Fingern herstellen.

Sehnenscheiden der Finger

An den Fingern selbst sind aus den Faszien besondere Verstärkungsapparate für die Sehnenscheiden der langen Beugemuskeln entstanden: Ligamenta vaginalia. Die Digitalscheiden (Abb. 185) beginnen an der Basis der Grundphalangen, also ca. 2 cm proximal von den Schwimmhäuten, und enden an der Grenze zwischen 1. und 2. Drittel der Endphalangen. An der Fingerbeere liegt also die Haut dem Knochen unmittelbar auf. Seitlich sind die Sehnenscheiden verstärkt durch die Zipfel der Dorsalaponeurosen der Finger, in welche die Sehnen der Mm. interossei und Mm. lumbricales dorsal und volar von den Ligg. capitulorum transversa einstrahlen (siehe folgenden Abschnitt). Außer diesen muskulofibrösen Verstärkungen gibt es osteofibröse Kanäle, welche dadurch zustande kommen, daß die Volarseiten der Phalangen und der Gelenkkapseln zusammen mit den volaren Ligamenta vaginalia Röhren bilden (Abb. 215). Ihre Innenwand ist von den Digitalscheiden austapeziert. Die Sehnen gleiten in den Leitkanälen; selbst durch forcierte aktive oder passive Bewegungen können sie von dem ihnen angewiesenen Platz nicht verdrängt werden. Retinacula s. Vincula tendinum verbinden die Sehnen mit der Grund- und Mittelphalanx und mit den Kapseln des Mittel- und Grundgelenkes (Abb. 220).

Die Sehnen füllen die Leitkanäle aus; ist eine Sehne infolge einer Entzündung an einer Stelle verdickt, so wird sie ruckweise vorwärtsgezogen (Schnellen der Finger).

Die Retinakula ernähren die Sehnen; sie verbinden wie die Mesenterien der Baucheingeweide das parietale und viszerale Blatt der Sehnenscheiden (S. 75). Die Bewegungen der Sehnen können sie nicht hemmen, da sie dazu zu zart und zu lang sind. Wahrscheinlich ernähren die Gefäße der Vinkula das Sehnengewebe nicht ausreichend. Wenigstens nekrotisieren die Sehnen leicht, wenn die Fingerscheiden operativ eröffnet werden, und wenn dauernd die Synovialflüssigkeit abfließt; man glaubt deshalb, daß auch die letztere (Lymphe) zur Ernährung der Sehnen diene. Durch die Starrheit der Wandung klaffen die Leitkanäle, welche operativ eröffnet sind, z. B. bei Amputation eines Fingers. Sie kollabieren nicht, wenn die Sehnen entfernt sind. Die Gefahr ist nicht gering, daß bei Verletzungen infektiöses Material durch die verschieblichen Sehnen wie in einer Pumpe aufgesogen wird und bis an die Fingerbasis oder sogar bis zur Handwurzel weiter kriecht (Hohlhandeiterungen S. 373).

Verstärkungsbänder

In die Ligamenta vaginalia sind besondere Verstärkungszüge eingewebt, welche an der Stelle der Gelenke quer zur Fingerachse gerichtet sind und **F i b r a e a n u l a r e s** heißen, zwischen den Gelenken als **L i g a m e n t a o b l i q u a**

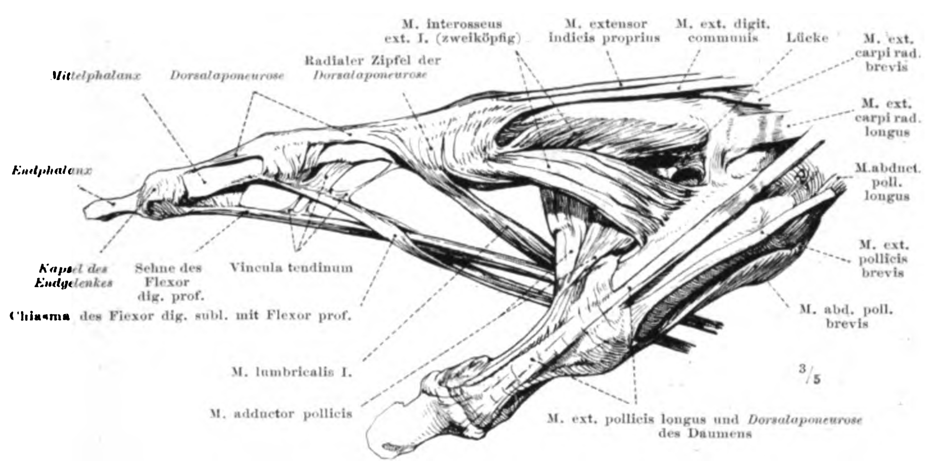


Abb. 220. **S e h n e n d e s Z e i g e f i n g e r s u n d D a u m e n s.** Die Sehnenscheiden sind abgetragen und die langen Beugesehnen nach unten gezogen.

oder F. **c r u c i a t a e** bezeichnet werden, je nachdem sie einseitig schräg oder gekreuzt verlaufen (Abb. 215, 178). Diese Züge sind bei Menschen, die ihre Finger viel zu feineren Verrichtungen benutzen, schlank; sie sind dann leicht erkennbar. Bei plumpen Händen treten sie wegen ihrer Breite und ihrer verwaschenen Konturen oft kaum heraus.

9. Die drei Gelenke und die Bänder der dreigliedrigen Finger als passive Bewegungsfaktoren.

Die Mittelhand als fester Rahmen für die Interossei

Die dreigliedrigen Finger haben in den Mittelhandknochen eine gegen die knöcherne Handwurzel unbewegliche Basis (Ausnahmen siehe S. 401). Die Gelenke zwischen den Karpalia und Metakarpalia sind **A m p h i a r t h r o s e n**, welche durch straffe Bänder festgestellt sind. Außerdem sind die Mittelhandknochen durch Bandverbindungen zwischen ihren **d i s t a l e n** Enden fest miteinander verankert. Die Knochenenden treten am Handrücken als die bekannten „Knöchel" deutlich hervor, **C a p i t u l a**. Die volaren Querbänder zwischen ihnen heißen **L i g a m e n t a t r a n s v e r s a c a p i t u l o r u m m e t a c a r p a l i u m** (Abb. 177). Es gibt deren drei, entsprechend den drei Spatia des Handtellers. Sie sind an den osteofibrösen Leitkanälen der langen Beugesehnen befestigt, nicht unmittelbar am Knochen selbst, und schließen deshalb



eng an die im vorigen Abschnitt geschilderten Apparate an. Mit den Verbindungen der Basen der Mittelhandknochen zusammen hemmen die Köpfchenbänder energisch jeden Versuch, die Metakarpalia in Spreizstellung zu drängen z. B. beim Aufstemmen der Handfläche auf die Mittelhandköpfchen. So kann den Interossei, welche in den Spatia mit größter Raumersparnis verstaut sind, das Minimum an Raum nicht weiter verkürzt werden. Denn der Rahmen aus Knochen und Bändern ist fest gefügt. Die ganze Muskelkraft der Interossei kommt den eigentlichen Fingern und deren drei Gelenken zugute.

Die Ligamenta transversa capitulorum sind wichtige Grenzmarken zwischen den Sehnen der kurzen Muskeln. Die Sehnen der Mm. lumbricales ziehen mit den Gefäßen- und Nervenästen für die Finger volar von diesen Bändern (zwischen ihnen und den Schwimmhäuten), die Sehnen der Mm. interossei liegen dorsal von ihnen (siehe S. 435).

a) Grundgelenk, Articulatio metacarpophalangea.

Allgemeine Form Abb. 187,188

Das Grundgelenk besteht aus dem Gelenkkopf des Mittelhandknochens und der Pfanne an der Basis der Grundphalanx (Abb. 187). Die Gelenkflächen entsprechen Kugelabschnitten.

Beim Gelenkkopf ist die Kugelfläche seitlich abgestutzt und deshalb dorsovolar größer als radioulnar. Bei der Pfanne ist umgekehrt der radioulnare Durchmesser größer als der dorsovolare. Die Volarseite des Kopfes hat einen kleinen Ausschnitt, so daß die Gelenkfläche in zwei Zipfel ausläuft (ähnlich wie hinten bei den Kondylen des Femur im Kniegelenk). Die Zipfel umfassen den osteofibrösen Leitkanal für die langen Beugesehnen.

Die kugligen Gelenkflächen stecken in einer relativ schlaffen Gelenkkapsel; durch Ziehen am Finger kann man den Kontakt der Gelenkflächen lösen, weil bei der geringen Fläche der gegenwirkende Luftdruck ziemlich leicht überwunden werden kann. Die Gelenkkapsel wird dann durch den Luftdruck in den Zwischenraum zwischen den Gelenkknorpeln unter hörbarem Knacken hineingepreßt. Das für die Luftdruckwirkung (S. 58) anschauliche Experiment gelingt um so leichter, je länger die Gelenkbänder sind. Sei es, daß sie so vorgebildet oder durch häufige Wiederholung überdehnt sind. Kinder, die aus Freude an dem Geräusch die Finger im Übermaß luxieren, können sich dadurch dauernd schädigen.

Die Gelenkkapsel ist auf der Volarseite durch eine eingelagerte Platte aus Faserknorpel verstärkt, Ligamentum accessorium volare (Abb. 188). Die Platte ist ein Bestandteil des Leitkanales der langen Fingersehnen und zugleich eine Gelenklippe für die Pfanne der Grundphalanx; sie vergrößert die Pfanne proximalwärts und bewegt sich mit ihr auf dem Köpfchen des Mittelhandknochens.

Verstärkungsbänder

Die Form der Gelenkflächen und die Weite der Kapsel erklärt nicht die Beschränkungen, welche dem Grundgelenk tatsächlich auferlegt sind. Diese werden ausschließlich durch zwei seitliche Hemmungsbänder, Ligamenta collateralia, bedingt. Sie sind im Mittelhandknochen in zwei seitlichen Bandgruben und dorsalwärts davon an kleinen Knochenvorsprüngen, oft sogar am Rücken des Knochens befestigt. Diese Ursprungsstelle liegt dorsal von dem fixen Drehpunkt im Köpfchen des Mittelhandknochens (Abb. 188), um welchen die Pfanne der Grundphalanx wie bei jedem Kugelgelenk von den Muskeln bewegt wird. Vom Ursprung aus ziehen die Seitenbändchen schräg nach den Seitenflächen der Grundphalanx und inserieren hier an Knochenhöckerchen neben dem Pfannenrand. Infolge der Lage zum Drehpunkt wird das Bandpaar um so mehr gespannt, je mehr die Grundphalanx gegen den Mittelhandknochen gebeugt wird, weil sich bei dieser Bewegung der Insertionspunkt vom Ursprungspunkt entfernt. Außerdem kommen in dieser Stellung die Seitenbändchen auf den volaren Vorsprung des Kapitulum zu liegen, dessen Querdurchmesser größer ist als derjenige des dorsal gelegenen Knöchels; sie werden über das breite Knochenstück hinweggespannt. Bei



Streckung im Grundgelenk nähert sich dagegen der Insertionspunkt dem Ursprungspunkt und jedes der Bändchen erschlafft. Daher können wir die Finger, wenn wir sie im Grundgelenk rechtwinklig gebeugt halten, nicht oder nur ganz unwesentlich spreizen. Die Grundgelenke sind dadurch gegen passives Abknicken nach der Seite in einer Stellung der Finger gesichert, in welcher die langen Beuger passiv insuffizient werden und sich Kräften von außen nicht widersetzen können.

Man überzeuge sich von dem oben Gesagten an der eigenen Hand; jede scheinbare Spreizung im Grundgelenk wird dadurch vorgetäuscht, daß die Hand im Handgelenk volar flektiert wird, anstatt daß die Finger, wie es für den Versuch nötig ist, wirklich im Grundgelenk rechtwinklig gebeugt werden (typische Wirkung sämtlicher Interossei und Lumbrikales als Synergisten). Die Seitenbändchen wirken in dieser Stellung wie feste seitliche Schienen. Sowie aber die Finger im Grundgelenk gestreckt werden, wird automatisch die Hemmung aufgehoben, gleichsam der Schienenverband entfernt, und das Spreizen der Finger ist unbehindert (Ab- und Adduktionen durch die Interossei externi und interni als Antagonisten).

Die Lage des Grundgelenkes im Finger des Lebenden ist äußerlich leicht erkennbar, wenn man z. B. am Zeigefinger die radiale Seitenfläche betastet, während er gebeugt und gestreckt wird. Man fühlt deutlich die Gelenkspalte durch die Seitenbändchen und durch die Kapsel hindurch. Bei Ziehen am Finger (Knacken) sieht man an dieser Stelle eine seichte Delle in der Haut. Die Gelenkspalte liegt ca. 1 cm distal von dem Gipfel des Knöchels am Handrücken; man hüte sich zu nahe an diesem oder gar auf oder proximalwärts von ihm nach der Spalte zu suchen. In der Hohlhand ist die Gelenkspalte der Grundgelenke proximal von den Schwimmhäuten zu finden (nicht etwa unter diesen!); sie liegt etwa in der Mitte zwischen ihnen und der Linea mensalis des Handtellers (Abb. 187). Lage zur Haut

Die Gelenkkapsel ist namentlich am Köpfchen der Mittelhandknochen nicht unmittelbar am Knorpelrand befestigt. Sie wird bei Epiphysenlösungen (Abb. 188) in der Regel nicht eingerissen. Die Diskongruenzen der Gelenkflächen werden durch kleine Fettfalten ausgeglichen, welche der Kapselwand eingelagert sind. Fettfalten, Sesambeine, Schleimbeutel

Es gibt ein oder zwei knöcherne oder faserknorpelige Sesambeine in der volaren Wand eines jeden Grundgelenkes, manchmal auch gar keines; die Gesamtzahl in den vier Gelenkkapseln schwankt zwischen 1 und 7. Man sieht die Knöchelchen im Röntgenbild; bei der Mazeration gehen sie meistens verloren, die knorpligen Sesambeine immer. Sie liegen seitlich von den Leitkanälen der langen Fingerbeuger und folgen den Bewegungen der Grundphalanx.

Kleine Schleimbeutel kommen seitlich zwischen den Köpfchen der Metakarpalia und dorsal zwischen der Gelenkkapsel und der Dorsalaponeurose (aber auch zwischen letzterer und der Haut) in sehr wechselnder Zahl vor. Sie kommunizieren nicht mit den Gelenkräumen.

b) Mittel- und Endgelenk, Articulationes interphalangeae.

Beide Gelenke sind einander so ähnlich, daß ich sie gemeinsam beschreiben kann. Die Gelenkflächen sind nicht Abschnitte von Kugeln wie beim Grundgelenk, sondern von Rollen (Ginglymi). Der distale Knochen trägt die Pfanne, welche wie beim Grundgelenk in dorsovolarer Richtung kürzer ist als in radioulnarer. In der Rolle ist eine Führungsnute eingeschnitten, welche wie die Rolle selbst überknorpelt ist. In sie greift ein Knorpelfirst der Pfanne ein. First und Nute streichen in dorsovolarer Richtung, so daß die Flexionen durch sie ungehindert, alle anderen Bewegungen aber gehemmt sind. Wir können zwar mit passiver Gewalt die Finger in den distalen Gelenken seitlich etwas bewegen (Ad- und Abduktionen) oder in sich drehen (Rotationen). Aber weder die Gelenkflächen noch die Muskeln sind für solche Bewegungen eingerichtet. Sie finden tatsächlich beim Lebenden aktiv niemals statt. Dazu tragen auch die beiden Seitenbändchen, Ligamenta Form und Funktion Abb. 187, 188



collateralia, bei. Sie sind wie beim Grundgelenk in Bandgrübchen (neben der Rolle) und an Knochenvorsprüngen (neben der Pfanne) befestigt. Aber sie stehen nicht so schräg wie beim Grundgelenk, sondern liegen dorsal und volar von der Achse der Rolle, um welche die Pfanne ihre Scharnierbewegung macht. Infolgedessen ist immer ein Teil der Seitenbändchen gespannt, wie die Knochen auch zueinander stehen mögen. Diese Gelenke sind reine Scharniergelenke. Sie sind infolge ihrer beschränkten Beweglichkeit relativ kräftig und sind imstande, beim Turnen und Klettern die Last des ganzen Körpers zu tragen.

Die Kapsel ist bei dem Mittel- und Endgelenk dicht am Knorpelrand der beiden Knochen angeheftet und nicht so geräumig wie beim Grundgelenk. Einen verstärkenden volaren Faserknorpel, Lig. accessorium volare, gibt es auch hier. Sesambeine und Schleimbeutel kommen in geringerer Zahl als beim Grundgelenk vor, und zwar erstere nur am Zeige- und Kleinfinger in Einzahl und median gelegen.

Lage zur Haut

Die Spalte des Mittelgelenkes ist am seitlichen Fingerrand fühlbar. Sie liegt $1/2$ cm distal vom Gipfelpunkt der Rolle der Grundphalanx. Die 5—6 Querfalten der Haut des Fingerrückens liegen in einem Queroval, dessen distale Grenze etwa der Gelenkspalte entspricht. Beim Endgelenk, dessen Spalte ebenfalls fühlbar ist, beträgt der Abstand vom Gipfelpunkt der Rolle der Mittelphalanx $1/4$ cm. Hier finden sich weniger zahlreiche und deutliche Falten der Haut am Fingerrücken; unter der distalsten von ihnen pflegt die Gelenkspalte zu liegen. An der Volarseite der Finger entsprechen die Querfalten der Haut ziemlich genau den Gelenkspalten des Mittel- und Endgelenkes (Abb. 187, während die Querfalten in der Höhe der Schwimmhäute keineswegs den Grundgelenkspalten entsprechen!).

Die Gelenkkapseln der Fingergelenke liegen der Haut des Fingerrückens näher als der Beugeseite. Schwellungen werden am ehesten dorsal erkannt, auch deshalb weil die Dorsalaponeurosen dem tastenden Finger weniger Widerstand entgegensetzen als die osteofibrösen Kanäle der Volarseite mit ihrem Inhalt, den langen Beugesehnen. Bei völlig gekrümmtem Finger treten die distalen Enden des Metakarpale und der Phalangen dorsal besonders hervor; man merke sich die Abstände der Gelenkspalten von diesen Höckern, die, wie oben angegeben, vom Grund- zum Endgelenk absteigend 1 cm, $1/2$ cm und $1/4$ cm betragen, bei jedem Gelenk also jeweils die Hälfte des Betrages am vorhergehenden Gelenk.

c) Die Ossa metacarpalia und Phalanges der dreigliedrigen Finger.

Die Mittelhandknochen Abb. 174, 175, 187, 188

Die Mittelhand- und Fingerknochen sind in ihren feineren Skulpturen der genaue Ausdruck des sie beanspruchenden Milieus. Deshalb wurden sie bei den Gelenk- und Sehnenverbindungen bereits beschrieben. Es sei hier für die einzelnen Knochen zusammengestellt, was sie auszeichnet.

Die Ossa metacarpalia sind Röhrenknochen. Sie sind volarwärts gebogen entsprechend der Längskrümmung des Handtellers. Ihre Lage nimmt vom 2. zum 5. allmählich ab. Man unterscheidet die Basis und das Kapitulum. Die Basis ist überknorpelt und artikuliert mit den distalen Karpalia (Abb. 188). Die Gelenkflächen richten sich nach der Art der Befestigung an letzteren (Abb. 198). Sie haben ebene Facetten an der Stirn- und an den Seitenflächen. Das Metakarpale III. hat außerdem einen dorsalen Processus styloides, der die Basis radial verlängert und am Dorsum der Hand durch die Haut fühlbar und bei manchen Menschen sichtbar ist. Er reicht auf Kosten des Mtc. II. dorsal bis an das Multangulum minus heran (Abb. 175). Volar geht umgekehrt die Basis des Mtc. II. auf Kosten des Nachbars bis zum Kapitatum (Abb. 187). Das Metakarpale V. ist basal zu einem seitlichen Vorsprung, Tuberositas ossis metac. V, verbreitert, an welchem das Lig. pisometacarpeum inseriert. Dieser Knochen ist am grazilsten und bricht am leichtesten. Auf dem Röntgenschirm ist der Bruch leicht zu konstatieren; früher verwechselte man ihn meist mit Verstauchungen, weil der Knochen durch die Bänder fest in seiner Lage gehalten, und die Bruchspalte kaum je zu fühlen ist. Alle Metakarpalia haben an beiden Seiten des Kapitatum eine kleine

Bandgrube und ein Höckerchen zum Ansatz der Ligg. collateralia. Sie haben Muskelansatzflächen für die Ursprünge der Interossei, und die meisten haben auch Insertionsflächen für lange Muskeln (Abb. 174, 175); nur das Metakarpale IV. ist frei von letzteren. Die volare Fläche ist bei allen zu einer Kante zugeschärft, die dorsale ist breiter und lädt nach dem Kapitulum zu weiter aus. Blutzufuhr durch einen Canalis nutricius wesentlich für das Knochenmark und durch zahlreiche VOLKMANNsche Kanäle (metaphysäre Gefäße wie bei den großen Röhrenknochen gibt es nicht, Abb. 162b).

Die Phalangen sind viel kürzere Röhrenknochen als die Mittelhandknochen. Man unterscheidet eine Basis und eine distale Trochlea phalangis. Zu Seiten der letzteren gibt es Bandgrübchen, zu Seiten der ersteren Höckerchen für die Ligg. collateralia. Die Grundphalanx hat je ein Grübchen, die Mittel- und Endphalanx ein Grübchenpaar. Die Endphalanx endet mit der Tuberositas unguicularis, einem verbreiterten, pilzförmigen Knochenaufsatz der ventralen Fläche. Er und der Fingernagel dienen als Unterlage für den Tastballen der Fingerspitze (Abb. 187). Radiäre Bindegewebsbündel, welche in den Knochen einstrahlen, befestigen die Haut gegen die genannte Knochenstelle (Retinacula cutis). Blutzufuhr wie bei den Mittelhandknochen. Die Phalangen

Während gewöhnlich die Röhrenknochen außer der Diaphyse mit je einem Knochenkern verknöchern, ossifiziert bei den Metakarpalien und Phalangen nur je eine Epiphyse separat, die andere ossifiziert von der Diaphyse aus. Bei den Metakarpalia gibt es je einen distalen Epiphysenkern und deshalb später eine distale Epiphysenscheibe; bei den drei Phalangen dagegen verknöchert die proximale Epiphyse für sich, und es findet sich nur eine proximale Epiphysenscheibe (Abb. 188). Die Endphalanx hat überhaupt keine distale knorplige Epiphyse, sondern die Diaphyse endet abgestutzt. Dem Processus unguicularis liegt das Rudiment des Diaphysenendes und ein besonderer Mantelknochen zugrunde, der sich um dasselbe herumlegt. Ossifikation

Die Diaphysenverknöcherung der Metakarpalia tritt zuerst auf (9.—10. Fötalwoche), die distalen Epiphysenkerne folgen erst nach der Geburt (2.—3. Lebensjahr). Die Vereinigung der beiden distinkten Knochen geschieht nach der Pubertät (18.—20. Lebensjahr). Die Verknöcherung der Diaphysen der Fingerknochen beginnt bei der Endphalanx, dann erscheint sie erst in der Grund- und in der Mittelphalanx (alle drei im 3. Fötalmonat). Der Zeige- und Mittelfinger gehen voran. Der Kleinfinger folgt zuletzt. Die proximalen Epiphysenkerne der Phalangen erscheinen nach der Geburt (2.—3. Lebensjahr).

10. Die dreigliedrigen Finger und der Handteller als Ganzes in Ruhe und Bewegung.

Der Handteller als Träger der kurzen Fingermuskeln wird hier mit den Fingern gemeinsam behandelt. Einzelheiten des Daumen- und Kleinfingerballens werden in den folgenden beiden Abschnitten nachgetragen werden.

Die Handlänge, von der Handwurzel bis zur Spitze des Mittelfingers gemessen, ist ein altes, von der Kunst aller Zeiten viel benutztes Maß. Sie wird gewöhnlich gleich $^1/_{10}$ der Gesamtlänge des Körpers genommen. Die Handbreite in der Höhe der Grundgelenke der Finger ist ungefähr gleich der Hälfte der Länge, bei plumpen Händen mehr, bei schmalen Händen (Frauen) weniger. Die Finger, besonders der Ring- und Mittelfinger, stecken mit den basalen Phalangen bis zur Hälfte im Handteller und sind, da die volaren Schwimmhäute am weitesten distalwärts reichen, von der Hohlhand aus betrachtet um die betreffende Quote kürzer als vom Handrücken aus. Allgemeine Größe und Form

Die Rückenseite des Mittelfingers ist etwa gerade so lang wie der Handteller, die anderen sind kürzer (S. 426). Der Zeigefinger ist am dicksten, ihm folgen abnehmend an Dicke die übrigen dreigliedrigen Finger in der Reihenfolge ihrer Stellung an der Hand.

Die Phalangen plus Mittelhandknochen (sog. Strahlenteil der Hand) messen beim Mittelfinger $^4/_5$ der ganzen Länge des Skeletts, aber $^8/_9$ der Gesamtlänge der Hand (von den Querfalten über der Artic. intercarpea bis zur Spitze des Fingers gemessen, siehe dazu Abb. 187 und S. 296).

Die Künstler des klassischen Stils haben lange und konisch verjüngte Finger als besonders schön empfunden. Die Natur ist jedoch sehr wechselvoll. Knorrige

krumme Finger sind auch in der Norm nicht selten; besonders häufig sind das Mittel- und Endglied des Zeigefingers ein wenig ulnarwärts abgebogen.

Durch die von den Schwimmhäuten gebildeten Interdigitalfalten werden kleine Gegenstände (z. B. Schrotkörner) gehindert, vom Handrücken aus durch die Spalten zwischen den lose aneinander liegenden Fingerwurzeln durchzufallen, während von der Hohlhandseite aus kein Hindernis besteht.

Falten und Linien

Die Linien der Innenfläche des Handtellers sind jedem bekannt. Die Chiromanten haben ihnen besondere Namen gegeben, die noch heute benutzt werden (Abb. 187, die Namen sind dort verzeichnet). Man studierte sie besonders an der linken Hand, weil die rechte als Arbeitshand zu sehr durch die Beanspruchungen des täglichen Lebens verändert ist, während die linke deutlicher das Erbgut des Individuums spiegelt. Auf die Einflüsse von Milieu und Vererbung ist man dabei früh aufmerksam geworden. Die Linien haben Beziehungen zum Bewegungsapparat.

Eine ist durch die Opposition des Daumens entstanden, durch welche die Haut in eine Beugefalte gelegt wird, Linea vitalis. Die beiden Querlinien, welche den Grundgelenken der vier dreigliedrigen Finger zunächst liegen, sind Stauchungsfalten infolge der Beugungen in jenen Gelenken. Daß die beiden Linien getrennt bleiben, ist die Folge der relativen Selbständigkeit des Zeigefingers. Fließen sie zusammen, so ist das ein Atavismus (Affenfalte). Gelegentlich werden die beiden distalen Linien durch eine vierte gekreuzt, welche das Liniensystem ungefähr zu einem M ergänzt, Linea fortunae. Sie entspricht dem Ursprung des M. adductor pollicis am Metakarpale III., hat also wie die Lebenslinie Beziehung zur Bewegung des Daumens.

Die Querlinien an den Vorder- und Hinterseiten der dreigliedrigen Finger liegen in Gruppen von zwei oder drei, dorsal in größeren Mehrheiten zusammen. Nur die volaren an der Grundphalanx entsprechen nicht der Gelenkspalte, die übrigen dagegen entsprechen ungefähr oder völlig den Gelenken. Am Daumen liegt auch am Grundgelenk die volare Querfalte auf der Gelenkspalte.

Alle Knickpunkte zwischen den Fingergliedern sind in drei gebogene Linien eingeordnet, deren Konvexität distalwärts gerichtet ist (Abb. 187). Die drei Linien konvergieren nach dem Kleinfinger zu.

Die Ruhelage der Finger ist nicht identisch mit der Normalstellung: in letzterer soll die Längsachse des Metakarpale III. und der Phalangen des Mittelfingers in die Verlängerung der Mittelachse des Unterarmes und des Kopfbeines fallen. Da die Gesamtmasse der Beuger größer ist als die der Strecker, ist das Gleichgewicht der ruhenden Muskeln erst hergestellt, wenn die Finger ein wenig volarwärts eingeschlagen sind: Ruhelage (Abb. 132).

Normalstellung, Ruhelage, Extremstellung

Die Normalstellung (gestreckter Finger) ist im allgemeinen für das Mittelgelenk der Finger zugleich die eine Extremstellung, während im Grund- und Endgelenk über die Normalstellung hinaus aktiv ein wenig dorsal flektiert (hyperextendiert) werden kann. Der Grad ist individuell sehr verschieden und darf in der Norm nicht beträchtlich sein.

Passive Dorsalflexionen können unter Umständen sehr weit getrieben werden. Auch im Mittelgelenk können manche Pianisten und andere Fingerkünstler aktiv ein wenig hyperextendieren.

Die Interossei sind an diesen Stellungen besonders beteiligt. Man sieht das beim Ausfall ihrer Tätigkeit (Ulnarislähmung, Klauen- oder Krallenhand, Abb. 222b). Beim Daumen ist die Medianuslähmung besonders eingreifend für die Haltung in der Ruhe (siehe „Affenhand", Abb. 218).

Flexion und Extension, Abhängigkeit von äußeren Faktoren

Die Beugung und Streckung, Flexion und Extension, der Finger ist abhängig von Mitbewegungen oder Haltungen der Nachbarfinger und von der Stellung der ganzen Hand im Handgelenk. Durch die Schwimmhäute und das Ligamentum natatorium, das ihnen zugrunde liegt, wird eine maximale Beugung, und durch die Brücken zwischen den Sehnen des langen Fingerstreckers eine maximale Streckung des Einzelfingers unmöglich gemacht,



wenn die anderen nicht mittun. Nur der Zeigefinger ist relativ frei, weil seine Strecksehne keine Junkturen hat, weil volar nur einseitig ein Lig. natatorium an ihn angeheftet ist, und weil er einen selbständigen Indikator (M. extensor indicis proprius) besitzt. Die bekannte Ungeschicklichkeit des Ringfingers im Strecken ist außer durch die beiderseitigen Sehnenbrücken nervös bedingt. Isolierte Willensimpulse treffen wesentlich den Zeigefinger, die anderen drei Finger werden meistens gemeinsam innerviert; nur bei einer bestimmten Schulung können ihnen getrennte Willensimpulse zugeführt werden (Klavierspieler usw.). Das grobmechanische Moment hemmender Sehnen und Bänder ist keineswegs das einzige.

Alle dreigliedrigen Finger sind gleichmäßig abhängig von der Stellung der Hand im Handgelenk. Ist sie volar flektiert, so werden die langen Beugemuskeln für die Finger aktiv insuffizient, und die langen Strecker werden passiv überdehnt. Man fühlt das an der eigenen Hand, wenn man bei gebeugtem Handgelenk die Fingerkuppen gegen die Handballen zu pressen sucht; man ist in dieser Stellung fast kraftlos, während der Fingerdruck sofort wächst, wenn die Hand gestreckt oder dorsalflektiert wird. Ballt man die Finger zur Faust, so werden unbewußt gleichzeitig die langen Strecker innerviert; die Hand stellt sich in Dorsalflexion, und der Faustschluß ist dadurch am festesten.

Die drei Glieder der Finger selbst können im günstigsten Fall so weit flektiert werden, daß die Grundphalanx rechtwinklig, die Mittelphalanx spitzwinklig und die Endphalanx stumpfwinklig gegen den proximalen Nachbarknochen zu stehen kommt (Abb. 223, Zeigefinger). Könnten wir im Mittelgelenk nur bis zum rechten Winkel beugen (wie etwa bei Versteifungen), so wäre bei gestreckter Grundphalanx die Fingerkuppe außer Kontakt mit der Handfläche. Nur dadurch, daß im Mittelgelenk die Beugung etwas weiter geht, wird die geringgradige Beugung im Endgelenk überkompensiert, so daß tatsächlich bei gestreckter Grundphalanx die Fingerkuppen den Handteller in den Grübchen über den Ausstrahlungen der Palmaraponeurose erreichen.

In dieser Stellung sind allein die langen Fingerbeuger und Fingerstrecker beansprucht, alle kurzen Muskeln sind ausgeschaltet. Die langen Beuger zusammen können ihrem Gesamtquerschnitt nach eine Spannung von fast 400 Kilo hervorbringen. Daß man mit dem hakenförmig gebeugten Finger ein Gewicht von einem Zentner tragen kann, ist deshalb nicht auffallend.

Rechnet man zu den Beugungen die geringen Überstreckungen (dorsale Flexionen von 20—30°) hinzu, so ergibt sich als Gesamtwinkel für Ausschläge im Grundgelenk 100 bis 120 Grad, im Mittelgelenk 110 bis 130 Grad, im Endgelenk 65 bis knapp 90 Grad. Die Ausschläge sind sehr stark beeinflußt durch die individuelle Gesamtform der Finger (plump, schlank usw.).

Abhängigkeit von inneren Faktoren des Einzelfingers

Die Beugung eines einzelnen Gliedes ist abhängig von den anderen Gliedern des gleichen Fingers. Durch Kombination von Streckung oder Beugung in seinen drei Gelenken könnten an sich acht verschiedene Stellungen hervorgebracht werden. Von diesen fallen aber einige aus. Wir vermögen beispielsweise nicht im End- und Grundgelenk zu beugen und gleichzeitig im Mittelgelenk zu strecken. Andere Stellungen, die an sich ausführbar sind — wenn auch im individuell wechselndem Grade —, haben für den Gebrauch nur geringen Wert, z. B. die beiden Stellungen, in welchen das Mittelglied gebeugt und das Endglied gestreckt steht (bei gebeugtem oder gestrecktem Grundgelenk). In ihnen kann das Endglied nicht starr fixiert werden. Zum Ergreifen von Gegenständen und für jede sichere Hantierung ist aber die kraftvolle Innehaltung einer bestimmten Lage eine unentbehrliche Voraussetzung. Die praktische Auswahl aus der theoretisch möglichen Höchstzahl der Bewegungskombinationen wird durch die Anordnung der Muskeln getroffen. Sie sind auf die Hauptarbeitsstellungen der Finger eingerichtet. Bei diesen besteht analog den Verhältnissen am Arm eine „Harmonie zwischen geleisteten und geforderten Kräften" (S. 379). Die Fingermuskeln entfalten ihre größte Energie, wenn ein Gegenstand mit der ganzen Faust er-



griffen wird, **Faustschluß**, oder wenn nur die Fingerspitzen allein zum Fassen benutzt werden, **Fingerspitzenschluß**. Die für diese beiden zangenartigen Bewegungen erforderlichen Bewegungen in den einzelnen Gelenken sind durch die Muskel- und Sehnenverteilung bevorzugt.

Der Mittel- und Ringfinger haben je 6 Muskeln zur Verfügung, der Zeige- und Kleinfinger noch mehr. Sie sind sämtlich am Einzelfinger auf nur *zwei* Sehnenzüge verteilt: auf die Dorsalaponeurose der Rückseite und den Sehnenleitkanal der Vorderseite. Dadurch wird außer größter Betriebssicherheit für die Führung der Scharniergelenke zwischen den Phalangen die erforderliche Kraft an jedem Einzelgelenk des Fingers für die erwähnten beiden Hauptarbeitsstellungen garantiert. Denn bei der Dorsalaponeurose sind die Sehnenfaserzüge so geleitet, daß *rein passiv* jeder beliebigen Stellung des einen Gelenkes eine bestimmte Stellung des folgenden zugeordnet wird (S. 435). Bei den langen Beugesehnen in den Leitkanälen der Volarseite, welche sich im Chiasma durchkreuzen, ist reibungstechnisch eine vollkommenere, wenn auch im Prinzip ähnliche Lösung wie bei der knopflochartigen Durchflechtung der Fasern in der Dorsalaponeurose gefunden. Die Beugesehnen können sich zwar stärker gegeneinander verschieben, aber sie sind durch ihre Innervation so miteinander verkoppelt, daß *aktiv* die für die Arbeit wichtigsten Kombinationen bevorzugt werden

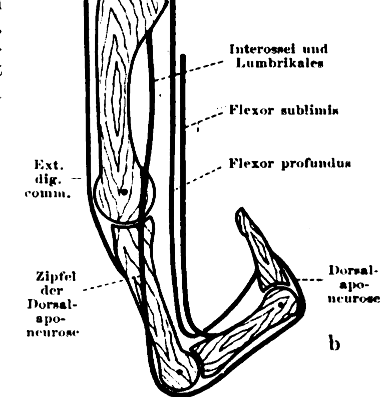


Abb. 221. Modell der Fingerbeuger- und -strecker: a) Wirkung der kurzen Muskeln (Interossei, Lumbrikales), b) Wirkung der langen Muskeln (lange Beuger und lange Strecker).

(Ort der Wahl ist für die beiden langen Muskeln die Beugung im Mittel- und Endgelenk, weil ihr Moment an diesen Gelenken dabei am größten ist).

Beugung und Streckung im Grundgelenk

Die **Grundphalanx** wird **gebeugt** von kurzen Muskeln (Interossei, Lumbrikales) und von langen Muskeln (den beiden langen Fingerbeugern, Abb. 221a). Die kurzen Muskeln wirken durch Vermittlung der Dorsalaponeurose und auch — die Interossei — durch unmittelbare Insertion an den Grundphalangen; die langen Muskeln wirken nur indirekt durch Vermittelung ihrer osteofibrösen Leitkanäle (Ligamenta vaginalia), welche an der Grundphalanx befestigt sind. Doch haben die langen Beuger ihr Hauptmoment an den beiden Interphalangealgelenken.

Beugen die langen Flexoren im Mittel- und Endgelenk, so verlieren sie damit automatisch ihre Beteiligung an der Beugung im Grundgelenk, weil sie aktiv insuffizient werden. Die Interossei und Lumbrikales können in diesem Fall nicht im Mittel- und Endgelenk strecken, weil sie schwächer sind als die langen Beuger und von ihnen überwältigt werden. Um so besser können sie im Grundgelenk beugen; denn sie bekommen infolge der passiven Spannung der Dorsalaponeurose eine größere Hubhöhe für die Wirkung auf das Grundgelenk. Von einem gewissen Punkte ab wird die Kraft der Interossei wegen der Kürze ihrer Fasern gehemmt. Dafür können die Lumbrikales bis zu Ende wirken; denn durch die Kontraktion des Flexor profundus rücken bei ihnen der Ursprungspunkt an der tiefen Sehne und der Insertionspunkt an der Dorsalaponeurose maximal weit voneinander weg und ihre Hubhöhe wächst andauernd.

Die **Streckung** im Grundgelenk (Abb. 221b) ist lediglich Aufgabe des Extensor dig. communis. Er wirkt am kräftigsten, wenn die beiden anderen

Glieder gebeugt sind, und kann dann aktive Hyperextension hervorbringen. Fallen die Antagonisten aus (Interossei und Lumbrikales, Ulnarislähmung), so wird die Hyperextension im Grundgelenk allmählich hochgradig (Klauen- oder Krallenhand, Abb. 222 b).

Im Mittelgelenk beugt der lange Flexor sublimis direkt und der lange Flexor profundus indirekt durch Vermittelung seines Leitkanales, im Endgelenk beugt nur der Flexor profundus, und zwar direkt (Abb. 221 b). Nur durch besondere Kunstfertigkeit lernen manche Menschen das Endgelenk für sich allein zu beugen. Wem es gelingt, der hyperextendiert meistens im Grundgelenk, um den Interossei und Lumbrikales so viel Hubhöhe zu verschaffen, daß sie die Mittelphalanx kräftig feststellen können. Da sie zugleich die Endphalanx extendieren, so ist die isolierte Beugung dieses Gliedes durch den tiefen Flexor wenig kräftig. Ersetzt man dagegen den Zug der Dorsalaponeurose dadurch, daß man das Mittelglied passiv in Streckung fixiert (z. B. durch volaren Gegendruck mit dem Finger der anderen Hand oder durch eine Schiene), so kann das Endglied mit größerer Kraft gebeugt werden. Ist die Dorsalaponeurose eingerissen, so hält der tiefe Flexor das Endglied dauernd gebeugt (Hammerfinger). Das Mittel- und Endglied werden allein von den Interossei und Lumbrikales mittels der Dorsalaponeurose gestreckt (S. 435).

Beugung und Streckung im Mittel- und Endgelenk

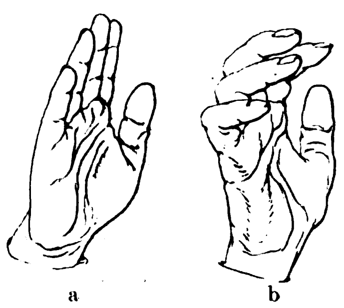


Abb. 222. a) Gesunde Hand und b) Krallenhand bei Ulnarislähmung. Beim Versuch, die Finger zu strecken, verharren vor allem Finger 4 und 5 in Knickstellung. Nach Photographie in Mehring: Lehrbuch der inneren Medizin.

Die Beugung in den drei Fingergelenken wird gehemmt durch das Aneinanderstoßen der Weichteile, durch die Spannung der dorsalen Kapselwand und der Ligg. collateralia der Gelenke und durch die Dehnung der Dorsalaponeurose; die Extension wird durch die Dehnung der volaren Kapselwände und der langen Beuger gehemmt. — Beim Schreiben wird die Hand in Dorsalflexion gestellt. Die langen Beuger führen die Grundstriche, die Interossei und Lumbrikales die Haarstriche aus. Bei vielen Schreibmethoden ist die Muskelarbeit jedoch komplizierter. Für die feinsten Fingerbewegungen sind die kurzen Muskeln am wichtigsten (Geigen, Zeichnen, feinere gewerbliche Kunstfertigkeiten).

Das Spreizen und Zusammenlegen der Finger, Ab- und Adduktion, findet im Grundgelenk statt. Ist dieses Gelenk schon beim Beugen und Strecken vor den beiden distalen bevorzugt, so kommt beim Spreizen kein anderes außer ihm in Betracht. Die Randfinger sind am beweglichsten (Zeigefinger 60 Grad, Kleinfinger 50 Grad), die beiden mittleren etwas weniger (45 Grad). Aber die Maxima gelten nur für die gestreckten Finger; bei im Grundgelenk gebeugten Fingern sinkt die Exkursionsmöglichkeit auf Null. Die Ligamenta collateralia hemmen vor allem, aber auch die langen Beuger, welche fächerförmig zum Wurzelkanal zusammenlaufen. Stehen die Finger in Normalstellung (Abb. 187), so abduzieren die Interossei externi und teilweise die Sehnen der langen Fingerstrecker, letztere jedoch nur bis zu ihrer Eigenstellung (S. 434). Sind die Finger maximal auseinander gespreizt, so adduzieren die Interossei interni, die langen Beuger und langen Strecker, letztere wiederum nur bis zu ihrer Eigenstellung.

Abduktion und Adduktion der Finger

Beim Minimus vertritt der Wirkung nach der M. abductor dig. V. (Tab. Nr. 6), beim Daumen der M. abductor pollicis brev. (Tab. Nr. 11) je einen Interosseus externus; außerdem spreizen beim Daumen die langen Extensoren (Abductor poll. longus, Extensor poll. longus und brevis). Der Adductor pollicis (Tab. Nr. 8) vertritt beim Daumen einen Interosseus internus. Zählt man die kurzen Muskeln zusammen, welche die fünf Finger ab- und adduzieren, so ergibt sich als Gesamtzahl 10, davon 7 Interossei. Alle 10 sind ungefähr gleichartig zu den Fingerrändern angeordnet.



Zwangsläufige Rotation wie beim Handgelenk

Reine Rotationen der Finger um die eigene Längsachse unterliegen nicht unserer Willkür. Man kann zwar passiv jeden Finger gegen die Hand bis zu 50° drehen, indem man ihn festhält und dann die Hand durch Pro- und Supinationen im Unterarm rotiert. Versucht man aber den gestreckten Finger aktiv zu drehen, so ist das in seinen eigenen Gelenken unmöglich. Wir können ihn wohl mit der ganzen Hand zusammen rotieren, das ist aber eine Bewegung, die nicht im Finger selbst, sondern die im Arm ihren Sitz hat. Es gibt zwangsläufige Rotationen der Finger, welche sich wie im Handgelenk sofort einstellen, wenn wir Zwischenbewegungen zwischen reinen Flexionen oder Extensionen und reinen Ab- oder Adduktionen ausführen (um schräge Achsen, siehe S. 422). Auf diese Weise können manche Menschen den Kleinfinger so stellen, daß seine Nagelfläche mit der Nagelfläche des Daumens in die gleiche Ebene fällt (Abb. 223). Die Rotation im Grundgelenk tritt dabei sehr klar heraus.



Abb. 223. Oppositionsstellung des Daumens, kombinierte Flexion, Abduktion und Rotation des 3. bis 5. Fingers. Am Unterarm springt die Sehne des Flex. carpi rad. vor.

Die meisten Muskeln zu den Fingern haben eine rotierende Komponente; denn die langen und kurzen Muskeln gehen an die Finger schräg heran. Deshalb ist immer ein Ausgleich zwischen den drehenden Kräften nötig, wenn der Finger rein flektiert und rein abduziert wird. Bei der Leiche läßt sich durch Ziehen an den Sehnen reine Rotation erzeugen. Manche Menschen können es auch aktiv. Die Ligamenta collateralia der Grundgelenke begünstigen die Rollung, weil sie, einseitig gespannt, sich gerade zu richten suchen. Auch ist die Kugelform der Grundgelenke nicht im Wege. Daß die Finger sich bei den meisten Menschen willkürlich nicht rein rotieren lassen, ist also eine nervöse Führung. Ob der Zwangslauf dem Listingschen Gesetz entspricht (S. 423), ist auch bei den Grundgelenken der Finger nicht sicher festgestellt. Der Ausschlag beträgt nach jeder Seite bis zu 10°.

Anteil an der Gesamtbeweglichkeit der oberen Extremität

Die Finger tragen zur Vergrößerung des Verkehrsraumes nicht unerheblich bei (S. 424). Durch ihre Eigenbeweglichkeit wird die Gesamtbeweglichkeit des Armes so ausgedehnt, daß verschiedene Bewegungsachsen künstlich oder durch Krankheit wegfallen können, ehe die Möglichkeit, auf einen bestimmten Punkt im Verkehrsraum hin zu bewegen, ganz unterdrückt ist. Ist z. B. der Ellenbogen versteift, so können Hand- und Fingerbewegungen zusammen einen Teil des Ausfalles decken. Es kommt bei Versteifungen von Armgelenken, die nicht zu verhindern sind, sehr darauf an, in welcher Stellung der versteifte Arm steht; denn davon hängt es ab, wie nützlich vikariierende Bewegungen in anderen Gelenken für die Gesamtbewegung werden. Der Arzt kann in dieser Richtung, wenn auch nicht heilen, so doch die Benutzbarkeit eines Gliedes oft bis zur nahezu völligen Brauchbarkeit steigern, indem er auf die spezielle Berufstätigkeit abstellt. Für viele Berufe ist eine Fixierung des Unterarmes in einer Zwischenstellung zwischen Pro- und Supination am günstigsten, damit die Fingerbeweglichkeit richtig ausgenutzt wird. Nur für Metallschleifer, Klavierspieler usw. ist reine Pronation das Optimum. Es sei hinzugefügt, daß dabei leichte Abduktion in der Schulter und stumpfwinklige Flexion im Ellenbogen (120°) häufig die besten Fixierungsstellungen für diese beiden Gelenke sind.

11. Kleinfinger und Kleinfingerballen.

Muskeln des Kleinfingerballens (Tab. S. 427, Nr. 4—7), Abb. 174, 176—178

Es sei hier zusammengestellt, was der Kleinfinger, Minimus, gegenüber den anderen dreigliedrigen Fingern Besonderes hat. Es betrifft das fast ausschließlich die Muskeln des Kleinfingerballens Hypothenar, welche in Nr. 4—7 der Tabelle (S. 427) aufgezählt sind.

Musculus opponens digiti quinti (Tab. Nr. 4, Abb. 177, 215). Er wird vom Flexor brevis bedeckt, entspringt mit ihm gemeinsam, ist aber durch seine Insertion am Metakarpale V. leicht von ihm zu unterscheiden (Abb. 174). Nur diejenigen Muskeln an Hand und Fuß, welche an Mittelhand- oder Mittelfußknochen inserieren, heißen Opponentes. Muskeln, die an den Phalangen inserieren, können

nie Opponentes sein. Doch ist damit nicht gesagt, daß die Opponentes Muskeln der gleichen genetischen Herkunft seien. Der Opponens des Kleinfingers ist ein Interosseus externus und wird durch eine besondere Faszie von den übrigen Kleinfingermuskeln getrennt (Fortsetzung der Fascia interossea interna, Abb. 216). Der Opponens des Daumens gehört zu einer ganz anderen Gruppe.

Der Opponens des Kleinfingers kann das Metakarpale V. nur ein wenig aus der Ebene der übrigen Metakarpalia herausdrehen, z. B. wenn die Hand im ganzen möglichst hohl gemacht wird (beim Wasserschöpfen). Durch besondere Übung kann die Bewegung individuell verstärkt werden; sie soll besonders für Taschenspielerkunststückchen wichtig sein (Eskamotieren). Sonst spielt sie keine besondere Rolle. Innervation: R. profundus des N. ulnaris. Segmentale Nerven: (C 7), C 8, Th 1; Blutzufuhr: Ramus volaris prof. der Art. ulnaris.

Musculus flexor digiti quinti brevis (Tab. Nr. 5, Abb. 176, 177). Er kann untrennbar mit dem Abduktor verschmolzen sein, wenn dessen Ursprung bis auf den Hamulus des Hamatum reicht (Abb. 174). Regelmäßig hängen beide an der Insertion am Ulnarrand der Grundphalanx zusammen (Abb. 215). Ist der Muskel isolierbar, so ist er schmal, manchmal nur bindfadendick. Er beugt die Grundphalanx. Innervation: N. ulnaris. Segmentale Nerven: (C 7), C 8, Th 1. Blutzufuhr: wie beim vorigen.

Musculus abductor digiti quinti (Tab. Nr. 6, Abb. 176). Dieses größte Muskelchen des Kleinfingers liegt unter der Haut und hebt sie zum Kleinfingerballen (Hypothenar) empor. Auf ihm liegen noch die Faszie des Hypothenar und der Palmaris brevis (Abb. 178). Ursprung und Insertion sind auf Abb. 174 u. 215 eingetragen. Der Abduktor abduziert bei gestrecktem Grundgelenk, beugt in diesem und streckt in den beiden distalen Gelenken, d. h. er vertritt der Wirkung nach einen Interosseus externus des Kleinfingers (S. 445). Innervation und Blutzufuhr wie beim vorigen.

Als nicht seltene Varietät kommt ein überschüssiger, vom Unterarm entspringender Muskel vor; er geht als akzessorischer Kopf in den Abduktor oder Flexor brevis über. Er bezeugt, daß die beiden Muskeln ursprünglich zu der oberflächlichsten der vier Muskelschichten der Hand gehören (S. 426). Mit Interossei haben sie genetisch nichts zu tun.

Musculus palmaris brevis (Tab. Nr. 7, Abb. 178). Er ist ein Hautmuskel, der zwar am Skelett entspringt, aber mit seinen parallelen, oft durch Zwischenräume getrennten Muskelbündelchen in der Haut des Kleinfingerballens inseriert. Er erzeugt Runzeln am ulnaren Rand der Hohlhand, wenn er stark kontrahiert wird. Der Fettkörper, in welchem der Muskel liegt, wird durch ihn zu einem wichtigen Schutzpolster für die Arteria ulnaris mit ihren Begleitvenen und für den Nervus ulnaris. Das Gefäßnervenbündel liegt unter dem Fettkörper. Bei kräftigem Faustschluß, zieht sich der Palmaris brevis ohne unser Wissen zugleich mit den anderen Muskeln zusammen und schützt das Gefäßnervenbündel gegen den Druck der Fingerkuppen oder des mit der Faust gepackten Gegenstandes. Man sieht dies an dem automatischen Auftreten der charakteristischen Runzeln. Innervation: R. superfic. des N. ulnaris. Segmentale Nerven: (C 7), C 8, Th 1. Blutzufuhr: Art. ulnaris.

12. Daumen und Daumenballen.

Der Daumen, Pollex, ist seiner besonderen Bedeutung wegen durch viele Eigentümlichkeiten des Baues ausgezeichnet (ἀντιχείρ, S. 425). Wir beschreiben zuerst die aktiven und passiven Bewegungsfaktoren des Daumens, leiten aus ihnen die Spezialform der beteiligten Knochen ab und fassen zum Schluß alles über den Daumen (in Ruhe und Bewegung) zusammen.

a) Muskeln des Daumens als aktive Bewegungsfaktoren.
Tabelle S. 427, Nr. 8—11.

Musculus adductor pollicis. Er ist der größte, aber zutiefst gelegene Daumenmuskel. Er liegt unmittelbar auf den Interossei des 1. und 2. Spatium (Abb. 216) und entspringt größtenteils vom Karpale und Metakarpale des Mittelstrahles der Hand, gelegentlich auch vom Metakarpale II., von der Fascia interossea interna und von den Grundgelenken des 2.—4. Fingers. Gewöhnlich zerfällt der Muskel in zwei Ursprungsköpfe, Caput transversum

M. adductor poll. (Tab. Nr. 8), Abb. 174—176, 180, 215, 216



und Caput obliquum, welche zwischen sich einen Spalt in der Höhe der Basis des Metakarpale III. freilassen (Abb. 215); hier passieren der tiefe Hohlhandbogen der Handarterien (Arcus volaris profundus) und der tiefe Ast des Nervus ulnaris. Beide Köpfe inserieren mit einer gemeinsamen Sehne, welche sich im Innern des Muskelfleisches bildet, am ulnaren Sesambein des Grundgelenkes des Daumens (Abb. 175). Der Insertionsteil des Muskels liegt in der Falte, welche vom Daumen zum Zeigefinger zieht (Abb. 187). Der Anfänger verwechselt ihn häufig mit dem Interosseus externus I. Stellt man den Daumen in Opposition, so sind beide Muskeln besonders gut zu trennen; aber auch sonst macht es dem aufmerksamen Beobachter keine Schwierigkeit. Der Adduktor hat seinen Namen daher, daß er den Daumen an den Zeigefinger heranbringt; er stellt ihn außerdem in Opposition zur übrigen Hand und beugt ihn im Grundgelenk.

Innervation: R. profundus des N. ulnaris. Der Nerv tritt in die Dorsalfläche des Muskels ein. In 10% der Fälle auch ein Ast des N. medianus, der mit dem Ulnarisast des Caput obliquum auf und im Muskelfleisch anastomosiert. Ist der Muskel gelähmt, so kann die Adduktion des Daumens bis zu einem gewissen Grad durch den Extensor pollicis longus ausgeführt und also der N. ulnaris durch dessen Nerv, den N. radialis, ersetzt werden. Segmentale Nerven: C 8 (Th 1); eventuell vom Medianus C 6, C 7. Blutzufuhr: Arcus volaris profundus (A. radialis, A. ulnaris).

M. opponens (Tab. Nr. 9), Abb. 174, **215**, 216 Musculus opponens pollicis. Er ist kleiner als der vorige, fleischig, dick und liegt ebenfalls versteckt (Abb. 215). Der Abduktor (Tab. Nr. 11) bedeckt ihn fast völlig. Der Ursprung am Lig. carpi transversum reicht vom Multangulum majus bis fast an den Haken des Hamatum und bis an den Ursprung des Flexor dig. V. brevis heran. Das Querband vermittelt auch bei den beiden folgenden Muskeln eine so starke Annäherung der beiden Handballen, daß äußerlich an der Handwurzel zwischen ihnen nur eine seichte Rinne zu sehen ist. Die parallel angeordneten Muskelfasern des Opponens inserieren breit an der ganzen Außenkante des Metakarpale des Daumens (Abb. 174). Da sie den Knochen umfaßen, ähnlich wie der Pronator teres oder der Supinator die Speiche, vermag der Muskel das Metakarpale I. um seine eigene Achse zu kreiseln (Rotation). Dies geschieht bei der Opposition. Der Muskel adduziert dabei das Metakarpale.

Die Grenze zwischen dem Opponens und Flexor brevis (Tab. Nr. 10) ist nicht immer leicht zu sehen; geht man aber von der Insertion am Metakarpale aus, die für alle Opponentes charakteristisch ist, so kann man sie immer mit dem Messer auffinden. Er kann nicht auf die Grundphalanx wirken.

Innervation: N. medianus. Es kommt eine Nervenanastomose mit dem R. prof. des N. ulnaris vor, doch sind motorische Äste des Ulnaris für den Opponens fraglich und in der Norm höchstens spärlich vorhanden. Segmentale Nerven: C 6, C 7. Blutzufuhr: R. volaris superficialis und R. princeps pollicis aus A. radialis, Arcus volaris profundus.

M. flexor poll. brevis (Tab. Nr. 10), Abb. 174, **176**, 177, **215**, 216 Musculus flexor pollicis brevis. Der Muskel liegt im gleichen Niveau mit dem Opponens, tritt aber neben dem Abduktor, welcher jenen bedeckt, fast vollkommen frei unter die Haut. Er formt knapp die mediale Hälfte des eigentlichen Oberflächenwulstes des Daumenballens (Abb. 176). Man kann nach der Lage des Muskelfleisches zu der Sehne des langen Daumenbeugers, welcher in den Muskel eingegraben liegt (Abb. 216), zwei Köpfe unterscheiden, Caput superficiale und C. profundum, welche meistens gemeinsam und ausschließlich am radialen Sesambein des Grundgelenks inserieren. Der oberflächliche Kopf entspringt am Lig. carpi transversum und nähert sich an dessen distalem Rand dem Ursprung des Opponens des Kleinfingers. Der tiefe Kopf ist ein schmales Muskelbündel, welches hauptsächlich vom Multangulum minus, aber auch von den Nachbarknochen entspringt (Abb. 215).



Es fehlt selten ein dritter Teil, ein besonderes Muskelchen, welches am Metakarpale I. entspringt (Abb. 175 bei *) und am ulnaren Sesambein inseriert (auch als „Interosseus internus des Daumens“ bezeichnet, Abb. 177, 215).

Der Flexor brevis im ganzen abduziert oder adduziert das Metakarpale I. je nach der Ausgangsstellung des Knochens; ferner opponiert er im Sattelgelenk und flektiert im Grundgelenk des Daumens.

Innervation: Der N. medianus und N. ulnaris versorgen den Muskel gemeinsam. Die Anteile sind sehr verschieden. Das Caput superficiale ist manchmal ausschließlich vom Medianus, das Caput prof. häufig ausschließlich vom Ulnaris innerviert (wie es scheint auch der sog. Interosseus internus des Daumens). Häufig ist beim Caput superf. der Ulnaris mitbeteiligt, seltener beim Caput. prof. der Medianus. Segmentale Nerven und Blutzufuhr wie beim vorigen.

Musculus abductor pollicis brevis. Er liegt völlig frei unter der Haut (Abb. 176) und springt, wenn er kontrahiert wird, äußerlich in ganzer Ausdehnung vor. Er formt mindestens die laterale Hälfte des eigentlichen Ballenwulstes des Daumens, oft mehr. Der Ursprung bedeckt den Ursprung des Flexor und Opponens pollicis am Lig. carpi transversum und reicht selbst von der Tuberositas des Navikulare bis gegen oder bis an das Pisiforme am anderen Ende des Bandes, wo die Kleinfingermuskeln entspringen. Der Ursprung von der Endsehne des M. abductor pollicis longus ist an einer Abspaltung der Sehne befestigt. Manchmal ist ein Sehnenbogen daran angeschlossen, unter welchem der R. volaris superficialis der A. radialis verläuft (der Gefäßast tritt in das Muskelfleisch ein oder geht auf der Oberfläche weiter). An der Insertion verschmilzt die Sehne mit der des Flexor brevis und geht mit dieser zum radialen Sesambein, ist aber auch an der Grundphalanx selbst und an der Dorsalaponeurose des Daumens befestigt (Abb. 174). Der Muskel abduziert hauptsächlich, opponiert vielleicht auch ein wenig im Sattelgelenk. Er beugt mittels der Dorsalaponeurose im Grundgelenk und streckt im Endgelenk des Daumens. Infolgedessen kann bei Ausfall der langen Daumenmuskeln (Radialislähmung) die Abduktion des Daumens und Streckung seines Endgliedes erhalten sein. M. abd. poll. brev. (Tab. Nr. 11), Abb. 174, 176, 215, 216

Innervation: N. medianus. Segmentale Nerven: C 6, C 7. Bei Lähmung des Medianus ist die Abzehrung des Daumenballens infolge Rückbildung des Abduktors, Flexors und Opponens charakteristisch. Da der Adduktor infolge des Ausfalles der genannten das Übergewicht hat, steht das Metakarpale des Daumens ständig in Adduktion: „Affenhand“ (Abb. 218). Blutzufuhr: R. volaris superficialis der A. radialis.

Die genetische Deutung der Daumenballenmuskeln unterliegt manchen Kontroversen. Zu der tiefsten Schicht der Handmuskeln (Interossei) gehören wahrscheinlich der tiefe Kopf des Flexor brevis (Interosseus externus) und das als Interosseus internus des Daumens bezeichnete Muskelchen (3. Kopf des Flexor brevis). Vielleicht ist auch der schräge Kopf des Adduktor ein ehemaliger Interosseus internus. Im übrigen aber gehört der Adduktor nicht zu der vierten, sondern zu der dritten Schicht (Kontrahentes, S. 426). Der oberflächliche Kopf des Flexor, der Opponens und der Abduktor stammen aus der oberflächlichsten Schicht.

b) Gelenke und Bänder des Daumens als passive Bewegungsfaktoren.

Die Articulatio carpometacarpea des Daumens ist keine Amphiarthrose wie bei den dreigliedrigen Fingern, sondern sein Hauptgelenk, ein Sattelgelenk, welches in dieser reinen Form sonst nirgends in unserem Körper vorkommt. Die Stelle der stärksten Beweglichkeit ist um ein Stockwerk proximalwärts gerückt: sie liegt nicht zwischen Metakarpale und Finger wie sonst, sondern zwischen Handwurzel und Mittelhand. Die Oppositionsstellung wird dadurch gegen den eigentlichen Handteller wirksam. Lage und Form des Sattelgelenkes

Die Gelenkflächen des Multangulum majus und des Metakarpale I. sind so gebogen, daß die Konvexität des einen in die Konkavität des andern paßt und umgekehrt (Abb. 187). Man kann sich ein Modell des Gelenkes herstellen, wenn man den gebogenen Zeigefinger der einen Hand in den gebogenen Zeigefinger der anderen Hand hakt oder zwei dicke Ringe entsprechend ineinander steckt. Bei unnachgiebigem Material und völligem Schluß der Berührungsflächen sind nur zwei Bewegungsrichtungen frei (S. 60). Der Knorpelbelag beider Knochen ist aber so dick (bis 1 mm) und so plastisch, daß beträchtliche Nebenbewegungen möglich sind, und daß eine Gesamtbewegung wie in einem Kugelgelenk resultiert. Allerdings bieten die beiden Hauptrichtungen, in welchen keine Veränderung des Knorpels nötig ist, der Bewegung den geringsten Widerstand. Die eine Achse geht von dorsal nach ventral; ihr entspricht die Konvexität des Multangulum majus; um sie finden die Ab- und Adduktionen des Daumens statt. Die andere Achse geht von radial nach ulnar; ihr entspricht die Konkavität des Multangulum majus; um sie findet die Opposition und die Rückkehr aus Opposition in die Normalstellung statt (Abb. 223).

Achsenstellung im Sattelgelenk

Da das Multangulum majus innerhalb des Handwurzelgewölbes schräg zur Handfläche steht, so sind die beiden Hauptachsen des Sattelgelenkes (und der distalen Gelenke) des Daumens anders gestellt als bei den Grundgelenken der übrigen Finger. Bei letzteren liegt die radioulnare Achse in der Ebene des Handtellers. Beim Daumen steht sie in einem Winkel von etwa einem halben rechten dazu. Die Adduktion um die dorsovolare Achse, welche senkrecht zur radioulnaren steht, führt deshalb beim Sattelgelenk des Daumens streng genommen nicht gerade auf den Zeigefinger zu. Wir können aber jeder Zeit den Daumen genau auf den Zeigefinger hin adduzieren, z. B. wenn wir die Handfläche auf die ebene Tischplatte legen und dann die Bewegung ausführen. Der Unterschied ist der, daß dann nicht eine der Hauptachsen, sondern eine Nebenachse zwischen ihnen benutzt wird. Ob die Bewegungsachse eine Haupt- oder Nebenachse ist, ist aber praktisch nicht so wichtig. Eine reine Rotation des Daumens um seine Längsachse können wir willkürlich nicht ausführen; dagegen wird er zwangsläufig rotiert, wenn wir ihn zugleich ab- oder adduzieren und opponieren (analog dem Handgelenk und den Grundgelenken der übrigen Finger S. 422, 446). Insofern hat das Sattelgelenk einen Grad der Freiheit weniger als ein Kugelgelenk. Wollen wir den Daumen an den Mittel-, Ring- oder Kleinfinger bis zur Berührung heranbringen, so muß immer eine Opposition hinzukommen, damit er volar am Zeigefinger vorbei kann. Je mehr der Daumen opponiert und rotiert und der betreffende dreigliedrige Finger in Zwischenstellung zwischen Flexion und Abduktion rotiert wird, um so besser berühren sich die Flächen der Fingerkuppen (Abb. 223). — Bezeichnungen wie Flexion und Extension des Daumens im Sattelgelenk sind überflüssig, weil alle Bewegungen als Ab- und Adduktionen, Oppositionen oder Zwischenbewegungen zwischen ihnen ausreichend charakterisiert sind. Nach der hier verwendeten Nomenklatur finden Flexionen und Extensionen nur in den beiden distalen Gelenken des Daumens statt, an welchen auch ausschließlich die entsprechend benannten Muskeln inserieren.

Kapsel des Sattelgelenkes

Die Kapsel des Sattelgelenkes ist weit und schlaff, wird aber durch die Sehnen der langen Daumenmuskeln geschützt und ferner durch besondere Bänder verstärkt, welche in den Zwischenräumen zwischen den Sehnen liegen. Die Kapsel gibt auf diese Weise ausgiebige Bewegungen frei und ist doch so gefestigt, daß das Gelenk besonders kräftig und widerstandsfähig ist. Verrenkungen, die beim Fall auf die Hand im Grundgelenk des Daumens vorkommen, sind in seinem Sattelgelenk nur durch gleichzeitige direkte Zertrümmerung der Gelenkflächen möglich. Die Hemmungsbänder liegen so, daß die extreme Abduktion und Opposition Widerstand finden.

Zwischen extremer Ad- und Abduktion ist ein Winkelausschlag von 30—40 Grad möglich, zwischen Normalstellung und extremer Opposition ein Ausschlag von 45—60 Grad. Außer der Hemmung durch die Bänder spielen dabei die passive Dehnung der Sehnen, der Haut und bei der Adduktion der Anschlag an den Zeigefinger eine Rolle.

Grundgelenk

Das Grundgelenk, Articulatio metacarpophalangea, ist ein reines Scharniergelenk. Es ist genau so gebaut wie das Mittel- oder Endgelenk

eines dreigliedrigen Fingers. Die Möglichkeit der Seitenbewegung (Ab- und Adduktion) und der damit verbundenen Rotation, die allen übrigen Grundgelenken zukommt, fehlt also. Sie wird verhindert durch zwei Ligamenta collateralia, welche so breit sind, daß sie vor und hinter der radioulnaren Drehungsachse der Rolle Fuß fassen und deshalb entweder volar oder dorsal gespannt sind, mag die Grundphalanx stehen, wie sie will. Die Seitenbändchen sind in seitlichen Bandgrübchen des Mittelhandknochens und an seitlichen Höckerchen der Basis der Grundphalanx befestigt wie die Bändchen der Scharniergelenke der übrigen Finger. Sie können sich nur wenig weit über die breite vordere Partie des Metakarpale, Trochlea, hinwegschieben; deshalb ist die Flexion im Grundgelenk oft bereits gehemmt, wenn der Daumen in ihm nur um wenig mehr als einen halben rechten Winkel gekrümmt ist (50—70 Grad). Die Gelenkkapsel ist vorn und hinten durch die Sehnen der langen Muskeln und vorn seitlich auch durch diejenigen der kurzen Muskeln verstärkt. Die letzteren strahlen in die Kapsel ein und benutzen außerdem zwei regelmäßig in die Kapsel eingelassene, durch die Haut deutlich fühlbare Sesambeine als Hypomochlion (ein ulnares und radiales, Abb. 224, 187).

Beim Fall auf die Hand kann trotzdem relativ leicht die Grundphalanx durch die Hebelwirkung des freien Daumenendes dorsalwärts luxiert werden. Viele Menschen können aktiv durch bloße Muskelanspannung im Grundgelenk beträchtlich überstrecken (Subluxation); immer ist es leicht, in diesem Gelenk durch passiven Zug am Daumen das knackende Geräusch hervorzurufen, welches auftritt, wenn die Gelenkflächen ihren Schluß verlieren. Die dorsale Kapselwand ist resistenter; sie hemmt nebst den Seitenbändchen die Volarflexion; Luxationen nach der Volarseite hin sind ohne Zertrümmerungen so gut wie ausgeschlossen.

Abb. 224. Sagittalschnitt durch den Daumen und die Handwurzel, Gefriersägeschnitt.

Endgelenk

Das Zwischen- oder Endgelenk des Daumens, Articulatio interphalangea, ist ebenfalls ein reines Scharniergelenk. Von einer besonderen Beschreibung kann abgesehen werden. Die Seitenbändchen und die Kapselwand erlauben gewöhnlich keine ganz rechtwinklige Krümmung des Daumens an dieser Stelle und keine Hyperextension.

Häufig, aber nicht immer kommt ein Sesambein in der ventralen Kapselwand vor (Abb. 187).

c) Die Einzelform der Daumenknochen.

Das Metakarpale I. ist viel kürzer als das folgende (Abb. 187; die Reihenfolge der Länge bei allen Rassen ist II, III, IV, V, I). Sowohl Basis wie Kapitulum sind sehr verschieden von den übrigen Metakarpalia. Das hängt mit den geschilderten Gelenkapparaten zusammen. Die Basis trägt die distale Gelenkfläche des Sattelgelenkes. Das Kapitulum trägt die Rolle für das Grundgelenk, ist also dem distalen Ende einer der beiden proximalen Phalangen der übrigen Finger konform, nur größer und plumper. Die Grundphalanx gleicht der Mittelphalanx der dreigliedrigen Finger, die zweite Phalanx der dritten Phalanx der anderen Finger (über Blutzufuhr siehe S. 441).

Die drei Daumenknochen verknöchern wie die drei Phalangen der übrigen Finger; vor allem unterscheidet sich der Mittelhandknochen von den übrigen dadurch, daß er keinen distalen, sondern nur einen proximalen knöchernen Epiphysenkern hat (wie die Grundphalanx der dreigliedrigen Finger). Dieses und die Ähnlichkeit der fertigen Knochen und Gelenke des Daumens mit je dem folgenden Glied in der Reihe eines dreigliedrigen Fingers hat seit dem Altertum her Anlaß zu der Annahme gegeben, daß das eigentliche Metakarpale des Daumens weggefallen sei. Es ist jedoch wahrscheinlicher, daß die speziellen Formen der Daumenknochen und Gelenke und ihre Ossifikationen durch Umbildung aus einem echten Metakarpale und aus zwei proximalen Phalangen hervorgegangen sind, und daß die letzte Phalanx verloren ging. Zu- und Abnahme von terminalen Gliedern der Finger ist in der Tierreihe und bei menschlichen Mißbildungen nichts Seltenes (Hyper- und Hypophalangie). Fehlt an einem der übrigen Finger abnormerweise die Endphalanx, so kann auch dort die zweite Phalanx zum Nagelglied werden.

Die Ossifikation der Diaphyse des Metakarpale I. setzt wie bei allen Mittelhandknochen in der 9. Fötalwoche ein, die proximale Epiphyse verknöchert im 3. Lebensjahr; Vereinigung der Knochen aus den beiden Kernen im 15.—20. Lebensjahr. Die distale Phalanx verknöchert bereits in der 7. Fötalwoche, bevor Knorpel entstanden ist; es ist der erste Knochenkern in der Hand des Menschen überhaupt. Bei der Grundphalanx entsteht der Diaphysenkern später (9. Woche) innerhalb des mittlerweile entwickelten Knorpels. Die proximalen Epiphysenkerne der Grund- und Endphalanx entstehen im 1.—3. Lebensjahr, Verschmelzung mit den Diaphysen im 18.—20. Lebensjahr.

Bei den Robben und anderen Säugern haben die Metakarpalia noch proximale und distale Epiphysenkerne. Auch beim Menschen hat das Metakarpale I. in etwa 6% der Fälle beide. Die Rückbildung der Knochenkerne bald in der proximalen, bald in der distalen Epiphyse der Metakarpalia scheint mit der verschiedenen Beanspruchung zusammenzuhängen. Denn gleichgelagerte Knochenpaare wie Elle und Speiche zeigen auch Verschiedenheiten: bei der Ulna verknöchert die proximale Epiphyse größtenteils von der Diaphyse aus, beim Radius verknöchert sie mit eigenem Kern.

d) Der Daumen als Ganzes in Ruhe und Bewegung.

Besonderheiten des Daumens, Normalstellung

An die 5 Finger der Hand gehen 18 kurze Muskeln und 18 Sehnen von langen Muskeln, zusammen 36 einzeln innervierbare Motoren. Davon kommen auf den Daumen 8 Stück, also fast ein Viertel der Gesamtzahl. Die übrigen 4 Finger teilen sich in die verbleibenden drei Viertel (Zeigefinger 7, Mittel- und Ringfinger je 6, Kleinfinger 9 Stück). Die Randfinger haben die meisten Muskeln. Für den Kleinfinger hat man deshalb angenommen, daß er bei unseren Vorfahren besonders beweglich gewesen sei. Beim jetzigen Menschen hat der Daumen weitaus die größte Freiheit der Bewegung und die größte Kraft; der Mensch ist darin allen Tieren überlegen. Die Großzehe kennt die Opposition nicht.

Angesichts der Mannigfaltigkeit des Muskelapparates kann es nicht wundernehmen, daß künstliche Hände früherer Zeiten wie die Hand des Marcus Sergius und des Götz v. Berlichingen nur passiv (mit der anderen Hand) bewegt werden konnten, und daß die modernen Prothesen nur einen ganz bescheidenen Teil der natürlichen Bewegungsmöglichkeiten zu ersetzen vermögen. Immerhin wird man sich beim Daumen am wenigsten damit begnügen dürfen, nur die Form aus kosmetischen Gründen nachzuahmen (Sonntagshand). Es ist neuerdings gelungen, künstliche Hände durch die natürlichen Muskelstümpfe amputierter Arme anzutreiben. Der Daumen spielt beim Halten eine besonders wichtige Rolle. Wird wenigstens die „Haltehand" durch eine Prothese ersetzt, welche von den Muskelstümpfen angetrieben wird, so wird die nicht amputierte Hand leicht zum Fassen erzogen werden und die Rolle der „Arbeitshand" übernehmen können (in der Norm ist beim Rechtser die rechte Hand die Arbeitshand, die linke Hand die Haltehand, beim Linkser umgekehrt).

In Normalstellung steht der Daumen seitlich und volar vom Zeigefinger (Abb. 222a). Bewegen läßt er sich so ausgiebig, daß er die Vorderseite und Rückseite der übrigen Finger erreichen kann, wenn sich diese ihm entgegen bewegen (mit Ausnahme der proximalen Hälfte der Dorsalflächen der Grund-

glieder des 4. und 5. Fingers und der ulnaren Kante derselben). Die Verwendbarkeit ist äußerst vielseitig. Da die Sehnen seiner langen Beugemuskeln kein Chiasma und die Strecksehnen auf seinem breiten Rücken nebeneinander Platz haben (Abb. 220), so vermag er in seinen drei Gelenken die theoretisch möglichen acht Stellungen einzunehmen und auch wirklich auszunutzen, während die dreigliedrigen Finger wegen ihrer Sehnenapparate nur einen Teil davon verwenden (S. 443).

Das Sattelgelenk an der Wurzel des Daumens wird wie ein Kugelgelenk benutzt, nur reine Rotationen sind unmöglich. Die zahlreichen Muskeln, welche im Sattelgelenk bewegen, sichern seinen Betrieb, auch wenn einige Muskeln ausfallen. Bei der Opposition bleiben die Ursprünge der kurzen Muskeln stehen, die Insertionen drehen sich mit; infolgedessen ändern sich die Wirkungen der Muskeln in dieser Stellung. Wir berücksichtigen nur die Bewegungen aus der Normalstellung heraus und in sie zurück. Der Adductor pollicis, Opponens pollicis und Flexor pollicis brevis opponieren; lange Muskeln führen den Daumen in die Grundstellung zurück: Abductor pollicis longus, Extensor pollicis brevis. Die Abduktion wird von langen und kurzen Muskeln ausgeführt: Abductor poll. longus und brevis, Flexor pollicis brevis (zum Teil); ebenso die Adduktion: Interosseus externus I., Adductor pollicis, Flexor poll. brevis (zum Teil), Opponens, Extensor pollicis longus. **Bewegungen im Sattelgelenk**

Eine reine Annäherung der ulnaren Seite des Daumens an den Zeigefinger kann nur vom Adduktor und Interosseus ext. I. ausgeführt werden (N. ulnaris); die anderen adduzieren so, daß die Volarseite des Daumens sich dem Zeigefinger nähert. Rotiert der Daumen bei einer dieser Bewegungen um die Achse des Metakarpale I., so ist der Opponens der wichtigste Dreher der Volarseite nach der Ulna hin (sog. „Pronation" des Daumens); der Adduktor ist sein Antagonist (sog. „Supination" des Daumens).

Bei Nervenlähmungen sind selten sämtliche Muskeln, welche eine dieser Bewegungen ausführen, gelähmt. Entweder ist der eine oder andere Muskel doppelt innerviert, z. B. können die Oppositionsmuskeln so viel Ulnarisbezüge haben, daß trotz völliger Durchtrennung des N. medianus die Opposition erhalten ist. Oder aber die Muskeln, welche die gleiche Wirkung haben, sind von verschiedenen Nerven beschickt, z. B. ist von den Abduktoren der Abd. poll. longus vom N. radialis, der Abd. poll. brevis und Flexor poll. brev. (Caput superfic.) vom N. medianus versorgt. Ist der N. radialis durchtrennt, so ist Abduktion durch die beiden Medianmuskeln nicht unmöglich.

Andere Bewegungen als Flexionen sind bei den Phalangen des Daumens nur passiv, aber nicht aktiv möglich. Wenn wir im Grundgelenk beugen, bewegen wir fast immer gleichzeitig im Sattelgelenk. Der Ausschlag beider Gelenke ist jedoch viel weniger ausgiebig als die Gesamtbeugung von zweien der drei Gelenke der übrigen Finger, mag man dort Grund- und Mittelgelenk, oder Mittel- und Endgelenk kombinieren. Das liegt hauptsächlich an dem geringen volaren Ausschlag der Grundphalanx des Daumens. Der Flexor pollicis longus und brevis besorgen die Flexion. Die Sehne des ersteren ist nicht in zwei Sehnen gespalten wie bei dem Flexor profundus der übrigen Finger. Sie beugt aber wie die Sehnen des letzteren die Grund- und Endphalanx, der Flexor brevis beugt allein die Grundphalanx. Doch hat auch der Abductor brevis beugende Wirkung auf letztere. Das gleiche tun in individuell verschiedenem Grad der Flexor poll. brevis und Adductor poll. Die kurzen Muskeln sind darin den Interossei und Lumbrikales der übrigen Finger vergleichbar. Die wichtigsten Strecker sind die langen, vom Unterarm entspringenden Muskeln: Extensor pollicis longus und „brevis", letzterer wesentlich für das Grundgelenk, ersterer für das Grund- und Endgelenk (Abb. 220). **Bewegungen in sämtlichen Gelenken zugleich**



E. Spezielle Bewegungsapparate der unteren Extremität.

I. Becken und Hüfte.

1. Vergleich des Schulter- und Beckengürtels.

Ursprüng- licher und endgültiger Typus

Die einheitliche feste Grundlage von Becken und Hüfte ist wie bei der oberen Extremität der Gliedmaßengürtel, *Cingulum*. Er heißt hier *Beckengürtel* und ist wie der Schultergürtel in die Rumpfwand eingelassen, ragt also nicht frei aus der Rumpfwand heraus wie die Gliedmaße selbst mit den Skeletteilen in ihr. Diese allgemeinste Ähnlichkeit, welche bei niederen Tieren das ganze Leben über dauert, wird bei den höheren durch die Art, wie die Gürtel mit dem Rumpf in Verbindung treten, so abgeändert, daß insbesondere bei den Tieren mit vorübergehender aufrechter Körperhaltung und beim Menschen die endgültigen Zustände ganz verschiedenartig geworden sind. Der Schultergürtel hat seinen Bereich durch weitgehende Muskelverbindungen zur vorderen und hinteren Körperwand erweitert. Der Arm ist Greifapparat geworden. Knöcherne Verbindungen mit dem Rumpfskelett fehlen bis auf die stark bewegliche Gelenkhaft zwischen Schlüsselbein und Brustbein; insbesondere fehlt jede Gelenk- oder Knochenverbindung mit der Wirbelsäule. Der Beckengürtel hingegen hat in sich seinen festen Zusammenhalt behalten, da seine beiden Hälften ventral in der Schoßfuge zusammenhängen, *Symphyse*; er ist eine weitere unbewegliche Verbindung beider Hälften mit einem Komplex von Wirbeln, dem Kreuzbein, eingegangen, die selbst untereinander unbeweglich verbunden sind. So kommt ein geschlossener Skelettring zustande, das *Becken*, *Pelvis*. Es besteht aus drei Bausteinen: aus den beiden Hälften des Beckengürtels, den *Hüftbeinen*, *Ossa coxae*, und aus dem *Kreuzbein*, *Sacrum*. Das Bein wird zum Vorwärtsschieben des Körpers und bei dauernd aufrechtem Gang als Tragsäule benutzt (Vögel und Mensch). Die Muskelmassen, welche den Schultergürtel gegen den Rumpf festhalten oder bewegen, fehlen. Das Becken ist in sich unbewegt. Nur Bewegungen des Rumpfes können seine Stellung im Raume ändern.

Gegensatz zwischen Becken und Hüfte

Am Becken selbst behält einzig das ursprüngliche Gelenk zwischen Beckengürtel und freier Gliedmaße, das *Hüftgelenk*, seine Beweglichkeit. Es entspricht dem Schultergelenk bei der vorderen Gliedmaße. Die Muskeln für diesen Apparat sind größtenteils auf dem Becken montiert, nur in ganz geringem Maß auf den dem Kreuzbein benachbarten Teilen der Wirbelsäule. Sie sind infolgedessen auf die Bewegungen des Beines gegen das Becken oder die Bewegungen des Beckens gegen die Wirbelsäule gerichtet; nicht auf die Bewegung der Beckenteile gegeneinander, die unmöglich ist. Während beim Schulterapparat alles auf Beweglichkeit des Skeletts in *allen* seinen Teilen eingerichtet ist, ist das *Becken* auf Stabilität und nur die *Hüfte* auf Beweglichkeit konstruiert. Diesen

biologischen Gegensatz, den es beim Schulterapparat nicht gibt, müssen wir hier von vornherein scharf ins Auge fassen. Die Formen der aktiven und passiven Einzelteile des Bewegungsapparates sind daraus zu verstehen.

Beziehung des Beckens zur Lokomotion und zum Gehirn

Das Becken hat beim Menschen im Getriebe des lokomotorischen Apparates eine besondere statische Aufgabe, weil der Beckenring beim aufrechten Stehen, Gehen und Sitzen die Last der oberen Körperhälfte aufnimmt und auf die Unterstützung — auf die Beine oder die Sitzunterlage — überträgt. Das Becken kann dies, da es ein fester geschlossener Ring ist. Daraus folgt eine sehr merkwürdige Beziehung seiner Lichtung zu der dem Menschen eigenen besonderen Größenentwicklung des Gehirns. Da der feste Beckenring die Beckenorgane und unter diesen die Gebärmutter beherbergt, so muß er genügend weit sein, um bei der Geburt den Kopf des Kindes passieren zu lassen. Vor der Geburt kann die Gebärmutter in die Bauchhöhle ausweichen und während der Schwangerschaft durch Vortreiben der weichen Bauchdecken fast beliebig viel Raum für die Entfaltung des Fötus gewinnen. Aber einmal muß der kindliche Körper durch das Becken hindurch; dabei bietet die knöcherne Schutzkapsel des Gehirns am meisten Widerstand, weil das Gehirn in seiner Entwicklung und Größenentfaltung den anderen Organen voraus ist (siehe Großhirn, Bd. III), und weil die Kopfknochen nur in ganz geringem Grad gegeneinander verschieblich sind, da das Gehirn sonst geschädigt würde. Tritt während des Gebäraktes ein Konflikt ein (Beckenverengerung der Mutter, Schädelvergrößerung des Kindes), so ist der Arzt genötigt, durch Zerstückelung des Kindes das Leben der Mutter zu retten, falls nicht durch den Kaiserschnitt der Konfliktsfall beseitigt werden kann. Man sieht aus diesen krankhaften Fällen, wie abhängig die Lichtung des Beckens von der Größe des Kopfes des geburtsreifen Kindes geworden ist.

Becken als Geschlechtsmerkmal

Infolgedessen haften der Form des Beckens speziell beim Weibe geschlechtliche Merkmale an. Die Verfestigung des knöchernen Rahmens in sich sichert dem kindlichen Kopf adäquate feste Durchmesser des Kanals, den er zu passieren hat. Das männliche Becken nimmt wohl im allgemeinen teil an den Veränderungen, welche das weibliche Becken geräumiger werden lassen als tierische Becken, ebenso wie andere weibliche Sexualcharaktere, z. B. Brustwarzen, auf den Mann vererbt werden. Aber die Verschiedenheiten zwischen Mann und Weib sind an keinem Teil des Bewegungsapparates annähernd so deutlich wie am Becken. Das beruht auf der eigentümlichen biologischen Doppelaufgabe, welche durch die Form dieses Körperteiles gelöst ist.

Zahl der Kreuzwirbel

Bei den Amphibien und Reptilien tritt der Beckengürtel zuerst in der Tierreihe mit der Wirbelsäule in Beziehung und zwar gelenkig. Hier ist nur e i n Wirbel Träger des Beckens und als solcher in den Aufhängeapparat der hinteren Extremität eingetreten. Bei den Vögeln, die nicht anders als auf zwei Beinen stehen können, wird die Last stets auf zahlreiche Wirbel übertragen, welche untereinander und mit dem Becken fest verwachsen sind (Kreuzwirbel). Bei Säugetieren, bei welchen außer den Hinterbeinen auch die Vorderbeine die Körperlast tragen, ist die Zahl der Kreuzwirbel verschieden groß. Sie schwankt zwischen 2—6 Wirbeln, welche untereinander verwachsen und mit dem Beckengürtel durch starke Bänder oder sogar knöchern verbunden sind. Bei denjenigen Säugetieren, welche sich auf den Hinterbeinen allein zu bewegen vermögen (Bär, Menschenaffen), und beim Menschen ist das tatsächliche Höchstmaß der Verankerung zwischen Wirbelsäule und Beckengürtel erreicht. Die Beanspruchung des Beckens ist hier noch größer als bei Vögeln, weil der Körperschwerpunkt bei letzteren unter der Drehachse des Beckens in den Hüftgelenken liegt, bei ersteren oberhalb der Drehachse, also im l a b i l e n Gleichgewicht gehalten wird (S. 129). Der Antrieb der unteren Gliedmaßen wird um so unmittelbarer auf die Wirbelsäule übertragen, je mehr diese in die Richtung der Beine zu stehen kommt. Die Zahl der Kreuzwirbel ist nur annähernd ein gültiger Ausdruck für das Maß der Beckenbefestigung, da Bandapparate widerstandsfähiger sein können als Knochen. Der Mensch hat in der Norm 5 Sakralwirbel (über Variationen dieser Zahl siehe S. 126).



2. Das Becken als statischer Bestandteil des Bewegungsapparates.

a) Der Hüftknochen und seine Teile.

Wir betrachten zunächst das Becken im engeren Sinn, d. h. den aus Knochen und Bändern bestehenden Hohlkörper, der in sich unbeweglich ist. Auf ihm ruht die gesamte Last des Oberkörpers, und außerdem ist er als ein Bestandteil des Bodens der Bauchhöhle einer der Träger der in ihr eingeschlossenen Eingeweide. Er wird selbst getragen von den beiden freien unteren Gliedmaßen und ist mit ihnen beweglich in der Hüfte verbunden. Die aktiven und passiven Komponenten der Hüfte werden uns erst beschäftigen, wenn wir den Beckenring in seiner Gesamtform und seinen Einzelbestandteilen analysiert haben. Da die Muskeln des Hüftgelenkes und des Oberschenkels am ganzen Becken montiert sind, wird in diesem Abschnitt hin und wieder auf sie vorverwiesen werden. Im vorhergehenden Kapitel wurde hervorgehoben, daß die

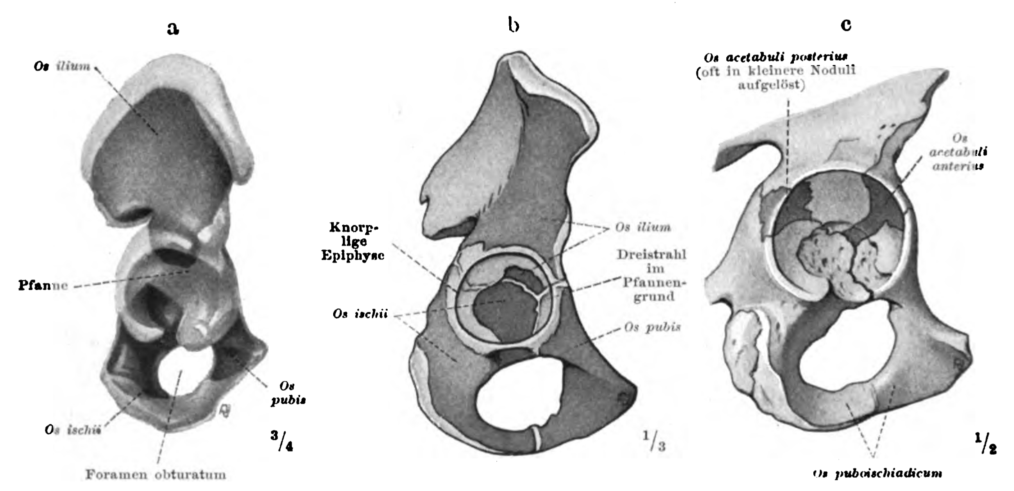


Abb. 225. Verknöcherung des Hüftbeines: a) beim Neugeborenen, b) im 6.—7. Lebensjahr, c) im 14. Lebensjahr. In Abb. a und b sind die Knochen dunkel, die Knorpel hell abgebildet (Aufhellungspräparate). Abb. c zeigt nur Knochen (schematische Wiedergabe nach Toldt, Atlas Abb. 317); die beiden Ossa acetabuli durch dunklen Ton hervorgehoben.

Trennung in Becken und Hüfte, die wir vornehmen, nicht ursprünglich vorhanden, sondern erst spät im Anschluß an die speziellen Tragfunktionen der unteren Gliedmaßen entstanden ist. Die Trennung ist räumlich nicht scharf, aber biologisch entscheidend für das Wirklichkeitsbild des Menschen mit dauernd aufrechtem Gang.

Einteilung des knöchernen Beckens

Von den drei Knochen, welche das knöcherne Becken zusammensetzen, ist das Kreuzbein bei der Wirbelsäule beschrieben (Abb. 50). Die beiden Hüftbeine, Ossa coxae, setzen sich je aus drei Teilen zusammen, welche Darmbein, Os ilium, Schambein, Os pubis, und Sitzbein, Os ischii, genannt werden.

Diese Namen können leicht irre führen, da es sich beim fertigen Becken nicht um drei separate Knochen handelt; es gibt vielmehr auf jeder Körperseite nur ein einheitliches Hüftbein (Abb. 228). Entwicklungsgeschichtlich entsteht es aus drei separaten Knochenhauptstücken und verschmilzt endgültig erst nach Abschluß der Pubertät (gewöhnlich um das 20. Lebensjahr) durch Verknöcherung der Knorpelfugen zwischen den Knochen zu einer knöchernen

Einheit (Abb. 225). Der Wirbel entsteht ähnlich aus drei Ossifikationszentren; ebensowenig wie er ist das Hüftbein aus drei Knochen entstanden. Bei der Größe des Hüftbeines ist der Knochen erst nach der Verschmelzung der drei Teile in sich ganz unbeweglich. Der Termin liegt charakteristischerweise weit nach der Zeit, zu welcher das Kind sich aufrichtet, fällt aber vor die Zeit, in welcher die meisten Frauen gebären. Die Festigkeit für den aufrechten Gang ist also bei jugendlichem Körpergewicht auch ohne knöcherne Konsolidierung genügend, die Sicherung für die Belastung durch die größere Körperfülle des Erwachsenen und für eine ausreichende Weite des Gebärkanales ist erst durch die mineralische Erstarrung der beiden Hüftbeine vollendet.

Vergleich des Hüftbeines mit dem Schulterskelett

Der primitive Beckengürtel bei niederen Wirbeltieren hat seiner Anlage nach große Ähnlichkeit mit dem Schultergürtel (Abb. 121). Die beiden Gürtelhälften sind, wenn sie zu breiten Platten werden, in der Mitte so weit verdünnt, daß alles Knorpelmaterial an dieser Stelle gespart wird, und nur eine membranöse Ausfüllung übrig bleibt (Foramen obturatum). Der ventrale Teil des Gürtels läßt sich danach unterteilen in eine kranial und eine kaudal von der Durchbrechung liegende Partie, Pubis und Ischium, welche dem Prokorakoid und Korakoid des Schultergürtels entsprechen (Amphibien). Der dorsale Teil des Gürtels, Ilium,

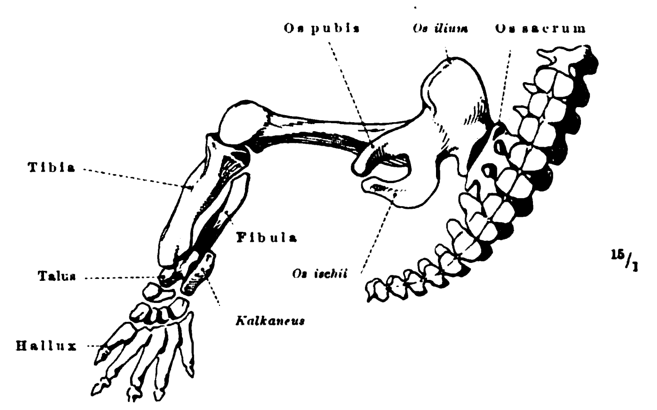


Abb. 226. Knorplige Skelettanlage, menschlicher Embryo 20 mm. Skelett, Wachsplattenmodell. (Bardeen, Americ. Journal anat. Bd. IV. 1905.)

entspricht der Skapula des Schultergürtels. Die drei Teile sind nicht voneinander getrennt, sondern nur Bezeichnungen von Distrikten eines einheitlichen Knorpels. Sie sind die primitiven Anlagen der gleichnamigen Beckenpartien des Menschen.

Beim menschlichen Embryo geht die knorplige Anlage eines jeden Hüftbeines von drei Zentren aus, wird aber dann einheitlich (siehe über Knorpelzentren S. 222). Die dorsale Partie, Ilium, wächst besonders schnell und erreicht früh die Wirbelsäule, mit welcher sie bereits verbunden ist, wenn die ventrale Partie noch wenig entwickelt ist (Abb. 226). Pubis und Ischium vereinigen sich erst später zu einem geschlossenen Knorpelrahmen um das Foramen obtur. (Abb. 225). Die Symphyse schließt beide knorplige Beckenhälften des Embryo ventral zu einem festen Rahmen.

Die Komplikation und Verschiedenheit gegen den Schulterapparat beginnt mit der Verknöcherung. Während stammesgeschichtlich beim Schulterapparat sowohl Ersatz- und Deckknochen wie auch zonale und kostale Derivate in reicher Fülle und Mischung beteiligt sind (S. 226), ist beim Beckengürtel nur ein System von Ersatzknochen vorhanden, welches gegen die Ersatzknochen des Achsenskeletts (Sacrum) räumlich scharf geschieden bleibt. Bei sämtlichen Tieren und beim Menschen entsteht je ein Knochen im Ilium, Pubis und Ischium. So wird aus einer Einheit eine Vielheit. Aber die knorpligen Haften zwischen den Knochen repräsentieren immer noch Reste des einheitlichen knorpligen Zustandes. Wenn sie schließlich verknöchern, wird auch der Knochen, Os coxae, wieder so einheitlich, wie es jede knorplige Beckenhälfte war. Durch eine besondere Gelenkspalte ist jedes Hüftbein von dem Rand des Kreuzbeines getrennt. In der knorpligen Verbindung beider Hüftbeine durch die Symphyse bleibt ein Rest des einheitlichen

Zustandes des primitiven knorpligen Beckengürtels übrig, der beim Schultergürtel der meisten niederen Wirbeltiere nicht mehr angetroffen wird. Die Gelenkpfanne für den Kopf des Oberschenkelknochens, Femur, sitzt da, wo die drei Teile des Os coxae zusammenhängen (Abb. 225).

Verknöcherungstermine, Schalt- und Epiphysenknochen

Der Knochenkern des Os ilium entsteht am Ende des 2. oder zu Anfang des 3. Fötalmonats, der des Os ischii im 4. oder Anfang des 5. Monats, zuletzt der des Os pubis (Mitte der Schwangerschaft, 5. oder 6. Monat). Erst lange nach der Geburt haben sich die Ausbreitungen der Ossifikationen im Knorpel so sehr genähert, daß sie verschmelzen. Im 6. bis 8. Lebensjahr entsteht ein einheitliches Puboischiadikum. In dem Y-förmigen Knorpel der Gelenkpfanne tauchen im 9. bis 12. Lebensjahr ein oder mehrere Schaltknochen auf, Os s. Ossa acetabuli (Abb. 225c), welche untereinander und vom 14. bis 16. Lebensjahr ab mit den drei Hauptverknöcherungen verschmelzen. Im 18. bis 20. Jahr ist die Einheit hergestellt. Es treten außerdem als epiphysäre Verknöcherungen ein langer Knochenspan am Darmbeinkamm (13. bis 14. Jahr, Abb. 240) und eine Knochenscheibe am Sitzbeinhöcker (15. bis 16. Jahr) auf und mit dem betreffenden Teil des Hüftbeines in Zusammenhang (22. bis 25. Lebensjahr). Andere, zum Teil inkonstante Epiphysen finden sich in der Spina iliaca anterior inferior, Spina ischiadica, im Tuberculum pubis und in der Symphysen-

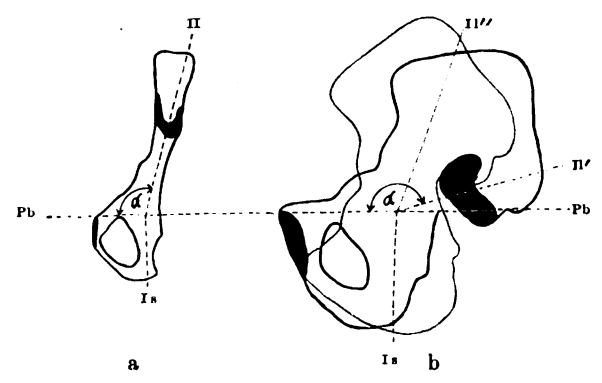


Abb. 227. Hüftbein von innen: a) eines Halbaffen (Lemur), b) des Menschen. Die schwarzen Konturen geben die Stellung an, bei welcher die Sitzbeinachse Is senkrecht steht. Die Darmbeinachse Il geht durch die Mitte der Facies auricularis. Letztere und Symphyse schwarz. (Umzeichnung nach Weidenreich, Anat. Anz. 1913. Bd. 44.)

fläche der Schambeine. (Siehe über diese Beckenteile die folgende Spezialbeschreibung.)

Form des Darmbeines als Ausdruck seiner Belastung, Abb. 59, 90, 95–97, 107, 127, 228, 246, 281

Das Darmbein, Os ilium, ist durch die Oberkörperlast und die Beziehung zu den Baucheingeweiden am stärksten von allen Bestandteilen des Hüftbeines beeinflußt (Abb. 227) Die Längsachse des primitiven Darmbeines, Il, liegt bei Halbaffen fast in der Verlängerung der Sitzbeinachse, Is; beim Menschen ist die entsprechende Achse des verbreiterten Darmbeines, Il', fast in die gerade Verlängerung des oberen Schambeinastes, Pb, gedrängt. Der Winkel α zwischen Darmbein- und Schambeinachse beträgt bei Halbaffen 105 Grad, beim Schimpanse 125 Grad, beim Orang 136 Grad, beim Gorilla 145 Grad, beim kindlichen Becken vor der Verknöcherung 146 Grad, beim erwachsenen Menschen bis zu 160 Grad. Diese Stufenleiter drückt aus, wie sehr der Knochen in seiner historischen Entwicklung umgeformt wird, je ausschließlicher er das Gewicht des Körpers zu tragen hat. Denn die Last des Oberkörpers wirkt auf die Gelenkfläche, welche das Darmbein mit dem Kreuzbein in Verbindung setzt (schwarz).

Man nennt den ganzen hinteren Abschnitt des Darmbeines wegen der Beziehung zum Kreuzbein Pars sacralis. Dieser Abschnitt ist am ältesten. Eine sekundäre Verbreiterung ist die Darmbeinschaufel, Ala s. Pars abdominalis ossis ilium.

Zu der Pars sacralis gehören die Gelenkfläche, Facies auricularis, und der hinter ihr liegende dicke Knochenteil, Tuber iliacum, dessen Innenfläche eine Rauhigkeit, die Tuberositas iliaca, für Haftbänder zwischen Darm- und Kreuzbein trägt (Abb. 228). Die Pars sacralis des Darmbeines ist beim menschlichen Becken so weit nach hinten geschoben und gesunken, daß das Hüftbein niedriger, aber breiter ist als bei Tieren; speziell der Abstand der Facies auricularis von der Symphyse ist besonders groß geworden. Eine Linie, welche in dieser Richtung zieht, springt innen am Os ilium vor, Linea arcuata, und setzt sich vorn auf das Schambein fort, Pecten ossis pubis (deshalb auch Linea iliopectinea genannt). Nach hinten zu bilden das Promontorium und ein Knochenvorsprung des Seiten-

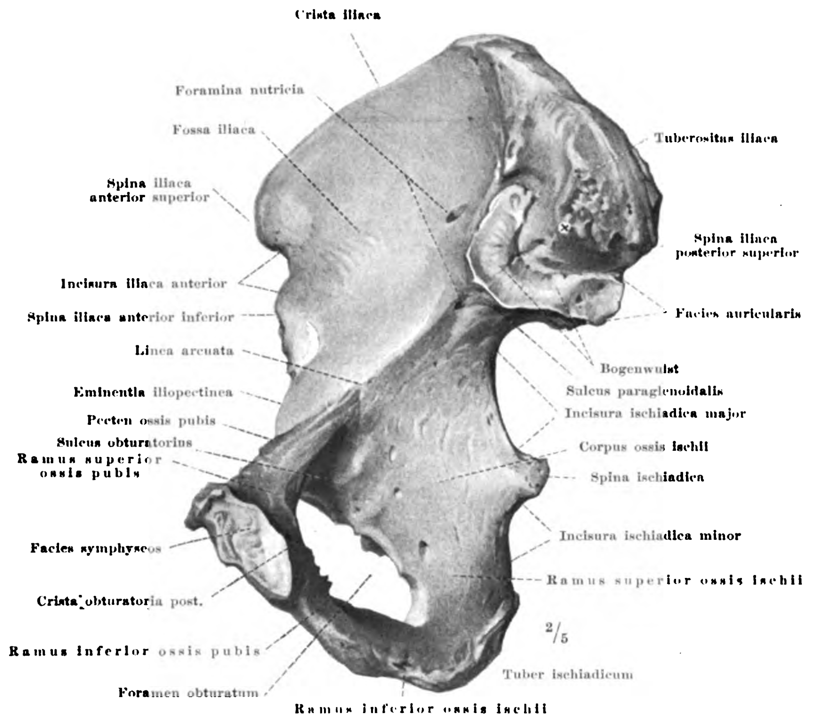


Abb. 228. Hüftbein, Innenseite. In der natürlichen Stellung beim aufrecht stehenden Menschen.

teiles des Kreuzbeines die Fortsetzung der Linie. In ihrer Gesamtheit heißt sie Linea terminalis s. inominata, ihre drei Teile heißen Pars sacralis, iliaca, pubica (Abb. 95). Die Geräumigkeit des menschlichen Beckens, für den Gebärakt das Entscheidende, beruht größtenteils auf der Form dieser Linie, welche ihrerseits den veränderten Belastungsverhältnissen des Beckens beim aufrechten Gang gefolgt ist. Die Linea terminalis sondert das große Becken, Pelvis major, vom kleinen Becken, Pelvis minor. Letzteres ist ein schräg stehender fester Knochenzylinder, der außer vom Kreuzbein hauptsächlich vom Os pubis und Os ischii der beiden Hüftbeine begrenzt wird. Das große Becken dagegen ist beiderseits nur vom Os ilium und in der Mitte von der Basis des Kreuzbeines gebildet. Es ladet von der Linea terminalis, der Eingangspforte des kleinen Beckens, seitlich bis zum Darmbeinkamm, Crista iliaca, aus und grenzt dort an die weichen Bauchdecken an.

Bei Vierfüßlern liegt das Darmbein in der seitlichen Bauchwand und schützt schildförmig die Eingeweide; infolge der Aufrichtung des Körpers ist es beim Menschen zum Träger der Eingeweide geworden, soweit diese nicht in das kleine Becken hineinragen und auf dem aus Weichteilen bestehenden Boden des letzteren ruhen (Abb. 235). Die eigentliche Bauchhöhle hat also beim aufrechtstehenden Menschen einen teilweise knöchernen Boden, der entsprechend der Gesamtform der Höhle gebogen ist. Die dem Innenraum zugewendete Fläche heißt Fossa iliaca; sie ist mit Muskulatur ausgefüttert (Abb. 107, M. iliopsoas). Die Last der Eingeweide wird in der aufrechten Körperstellung nicht wie beim Vierfüßler ausschließlich von der vorderen Bauchwand getragen, und die Muskulatur ist infolgedessen ganz beträchtlich entlastet. Dafür ist das Os ilium sekundär vergrößert zu der charakteristischen breiten Schaufel; der Name „Darmbein" bezeichnet gut die ursächliche Beziehung.

Detailbezeichnungen, Muskel- und Bandbeziehungen

Man nennt denjenigen Teil des Os ilium, welcher an die Hüftgelenkpfanne grenzt, Korpus. Er ist besonders dick, weil er die Last des Körpers auf den Schenkelkopf überträgt (Abb. 260). Die im Verhältnis zur Darmbeinschaufel kleine Partie des Knochens, welche von der Linea arcuata in das kleine Becken hineinragt und beim Erwachsenen ohne scharfe Grenze in das Sitzbein übergeht, heißt Pars pelvina.

Besonders differenziert sind die Ränder des Darmbeines, weil hier zahlreiche Muskeln und Bänder befestigt sind, die zum Teil früher (vordere Körperwand), zum Teil weiter unten beschrieben sind. Das auf den Knochen Bezügliche sei hier kurz zusammengestellt und im übrigen auf die Figurenbezeichnungen verwiesen. Die Crista iliaca ist S-förmig von außen nach innen gebogen, ziemlich rauh und trägt nach Art eines Dachfirstes eine mittlere Knochenkante, Linea intermedia. Die abgeschrägten Außen- und Innenflächen des Darmbeinkammes zu Seiten des Firstes heißen Labium externum und L. internum (die Befestigungen des M. obliquus abd. externus, internus und transversus siehe in Abb. 246 und Tab. S. 150, Nr. 5—7).

Es gibt je zwei aus dem Darmbeinrand vorspringende vordere und hintere Darmbeinstacheln. Unterhalb des oberen vorderen Darmbeinstachels, Spina iliaca anterior superior, ist der Knochenkontur bis zur Spina iliaca anterior inferior eingezogen, Incisura iliaca anterior (Abb. 228). Muskelbefestigungen siehe in Abb. 246. Hinten liegt zwischen den beiden hinteren Darmbeinstacheln, Spina iliaca posterior sup. et inf., eine Knocheneinziehung, die Incisura iliaca posterior (Abb. 281).

Auf den Flächen des Hüftbeinflügels prägen sich die großen Ursprünge der Muskeln ab. Auf der Innenfläche ist die einheitliche Fossa iliaca bereits erwähnt (Abb. 228 u. 246a). Auf der Außenfläche ist das Relief reicher gegliedert entsprechend den Ursprüngen der Gesäßmuskeln (Abb. 246b). Man unterscheidet verschiedene Grenzlinien: Linea glutaea posterior, Linea glutaea anterior und die meist wenig deutliche Linea glutaea inferior (Abb. 281). Die genannten Linien sind sehr verschieden ausgeprägt je nach der Entwicklung der betreffenden Muskeln. Immer ist der Knochen innerhalb der Felder glatt und feinporig, in der Nähe des Hüftgelenkes dagegen, wo keine Muskeln an ihn angeheftet sind, porös und reich an größeren Gefäßlöchern (Vasa nutricia). Die Fossa iliaca ist glatt; sie kann in die Innenfläche des Darmbeins gegen die Muskelfacetten der Außenseite hin so tief einschneiden, daß der Knochen durchscheinend oder sogar an einer Stelle durchbrochen wird.

Darmbein und äußere Körperform

Das Muskelfleisch des äußersten der drei schrägen Bauchmuskeln schneidet mit fast horizontal stehendem Rand ab (Abb. 248), der über das Labium externum hinübergreift und wulstförmig die Haut vordrängt, Weichenwulst (Abb. 86). Der Darmbeinkamm selbst steigt steil von vorn nach hinten in die Höhe und erreicht ein ganz anderes Niveau als der Weichenwulst. Durch Betasten kann man äußerlich am Körper leicht konstatieren, daß nur dies vordere Drittel der Crista iliaca unmittelbar unter der Haut liegt, daß die Fortsetzung des horizontalen Weichenwulstes nach hinten nicht vom Knochen, sondern vom Muskelrand und von dem ihm aufgelagerten Fett gebildet ist. Dieser Fettwulst ist oft selbst bei sonst mageren Individuen vorhanden und fehlt bei Frauen kaum je. Er setzt sich vom hinteren Ende des M. obliquus abd. ext. bis zum oberen Lendengrübchen (siehe unten) fort und füllt dieses sehr häufig aus, so daß es äußerlich nicht zu sehen ist. Der obere horizontale Schenkel des sog. antiken Beckenschnittes folgt dem Fettwulst und dem Rand des M. obliquus abd. ext., nicht dem Darmbeinkamm (Abb. 281 und S. 174).



Der vordere obere Darmbeinstachel, Spina iliaca anterior superior, ist einer der wichtigsten Knochenpunkte am Lebenden, der meistens als Prominenz zu sehen (Abb. 86), immer aber zu tasten ist. Selbst an Bildsäulen läßt sich die Stelle meistens bestimmen, weil sie dort liegt, wo sich die Ränder des M. sartorius und M. tensor fasciae latae treffen (Spitze des Schenkelgrübchens, siehe Muskeln des Oberschenkels). Wenn man dem Darmbeinrand entlang tastet, so gleitet die Fingerkuppe hinten in eine seichte Vertiefung der knöchernen Unterlage, welche der Incisura iliaca posterior des Darmbeines entspricht. Über der Fingerkuppe liegt der hintere obere Stachel des Knochens. Die Haut ist mit seinem Periost besonders fest verlötet und ist deshalb hier, wenn die Umgebung fettreich ist, dellenförmig vertieft. Dem Knochenvorsprung entspricht für das Auge eine Einsenkung der Körperoberfläche, das untere laterale Lendengrübchen (Abb. 229). Man verwechsle diese, in mehr als $^2/_3$ der Fälle (besonders häufig bei der Frau) sichtbare Vertiefung der Haut nicht mit dem fühlbaren, aber äußerlich nicht sichtbaren Einschnitt des Knochens. Verbindet man beide Spinae il. post. superiores (= untere laterale Lendengrübchen!) miteinander, so erhält man die Basis eines Dreiecks, dessen Spitze in der Afterrinne (Kimme) liegt, Trigonum sacrale (in diesem Dreieck liegt das Kreuzbein und auf ihm die individuell sehr verschieden stark entwickelte sakrale Partie des Multifidus frei unter der Haut). Die Basis des Dreiecks entspricht der Höhe der beiden Facies auriculares (Articulatio sacroiliaca). 3—4 cm oberhalb der Basis liegt die Grenze zwischen letztem Lendenwirbel und Kreuzbein, welche für die Beckenmessung wichtig ist (Conjugata externa s. Diameter Baudelocquii, S. 480). Nicht selten ist der Dorn des 5. Lendenwirbels durch ein Grübchen der Haut bezeichnet, mittleres unteres Lendengrübchen, welches etwas oberhalb der seitlichen unteren Lendengrübchen liegt, und unmittelbar die Lendenkreuzgrenze angibt (Abb. 229). Weiter höher gibt es individuell sehr wechselnde mediane Grübchen, z. B. ein oberes mittleres Lendengrübchen.



Abb. 229. Lenden- und Gesäßgegend, Photographie eines muskelkräftigen, sehr mageren Mannes. . unteres laterales Lendengrübchen (über Spina iliaca posterior superior). .. oberes laterales Lendengrübchen. ... M. obliquus abd. ext. × Unteres mediales Lendengrübchen (Dornfortsatz des 5. Lendenwirbels). ×× Oberes med. Lendengrübchen (Treffpunkt der beiderseitigen Fleischgrenzen des Iliokost. und Longissimus). ××× Gesäßfurche (rechtes Bein: Standbein, linkes Bein: Spielbein). + Trochantergrube. o Unterer Rand des Serratus anterior. oo Fleischgrenze des Latissimus. ooo Fleischgrenze des Iliokostalis und Longissimus.

Es gibt bei kräftigen Männern häufig ein oberes, laterales Lendengrübchen unter der Stelle, an welcher das Muskelfleisch der sakrospinalen Rückenmuskulatur vorspringt (Abb. 229, 60). Die Grube hat zum Knochen insofern Bezug, als an dieser Stelle der nach außen offene Winkel der S-förmig gekrümmten Crista iliaca liegt (Abb. 97, rechts), der für sich allein nicht in der Haut abgezeichnet ist, aber indirekt hervortritt, wenn der genannte Muskel das Niveau der Nachbarschaft wulstförmig erhöht. Existiert nur das untere laterale Lendengrübchen, so ist die Abbildung im Hautrelief wirklich rautenförmig („Venusraute", Frau); sind dagegen beide Grübchen sichtbar, so ist sie sechseckig (Mann, Abb. 60). Das Vier- oder Sechseck kann sehr verschieden hoch am Rücken heraufreichen, je nachdem das Muskelfleisch des M. iliocostalis die obere Grenze bildet wie gewöhnlich (Rhombus sacralis), oder — in seltenen Fällen — das Muskelfleisch des M. latissimus (Rhombus lumbalis). Siehe auch S. 248 und Abb. 131.

Form des Sitzbeins als Ausdruck seiner Belastung, Abb. 59, 90, 95, 127, **228**, 246, 258, 281

Das Sitzbein, Os ischii, umrahmt das Foramen obturatum auf der dorsalen und kaudalen Seite. Man unterscheidet nach diesen Richtungen den Ramus superior und den Ramus inferior ossis ischii (Abb. 228). Beide hängen zusammen an einem höckerigen Vorsprung, dem Sitzbeinknorren, Tuber ischiadicum, auf welchem das Becken und mit ihm die Körperlast beim Sitzen ruhen (Abb. 237). Der Name „Sitzbein" drückt das richtig aus. Beim aufrecht stehenden Menschen ist der Sitzbeinknorren vom Musc. glutaeus maximus bedeckt, aber durch ihn hindurch fühlbar; im Sitzen schiebt sich der Muskel zurück, und der Knochen liegt unmittelbar unter der Haut.

Legt man eine Längsachse durch den oberen Sitzbeinast und verlängert man diese Linie bis zum Darmbeinrand (Abb. 230), so sieht man besonders deutlich, wie sehr der Knochen beim Menschen gegenüber Vierfüßlern und Menschenaffen umgeformt worden ist. Der aufrechte Gang und die veränderte Belastung durch das Rumpfgewicht stehen, wie wir sahen, in Beziehung

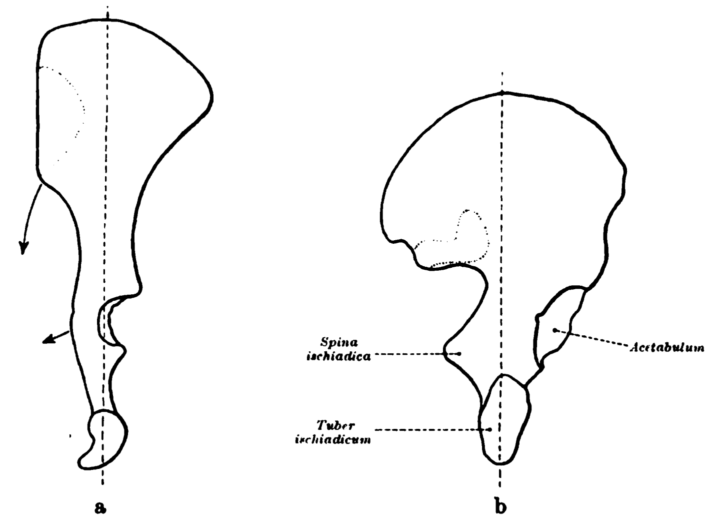


Abb. 230. Hüftbein von außen: a) Schimpanse, b) Mensch (nach Weidenreich; Abb. a nach Präparaten der Heidelberger Sammlung ergänzt). Die Facies auricularis auf der Innenfläche des Hüftbeines ist mit punktiertem Kontur eingetragen.

zu der Verlagerung der Hüftkreuzbeinverbindung nach hinten unten (Abb. 227). Die schräge Resultante dieser Verschiebung (Abb. 230a, Pfeile) hat zu tiefen Kerben des hinteren Knochenrandes geführt. Sie werden nicht ausgeglichen, weil Muskeln und noch lebenswichtigere Weichteile sie ausfüllen, welche hier vom Innern des Beckens nach außen oder umgekehrt passieren. Man unterscheidet eine Incisura ischiadica major und I. i. minor. Sie sind getrennt durch den platten Sitzbeinstachel, Spina ischiadica, eine Muskel- und Bandapophyse, welche besonders die Haftbänder zwischen Kreuzbein und Sitzbein verstärkt (Ligamentum sacrospinosum, M. coccygeus) und das Kreuzbein in seiner Stellung gegen den übrigen Beckenring fixieren hilft. Darüber wird bei den Halteapparaten des Kreuzbeines das Nähere mitgeteilt werden. Auch der Sitzbeinknorren ist eine wichtige Bandapophyse für den Halteapparat (Ligamentum sacrotuberosum). Er liegt beim Menschen infolge der veränderten Belastung des Kreuzbeins und des Gegenzuges des Haftbandes weiter lateral als bei Tieren. Die Einkerbungen des hinteren Hüftbeinrandes werden durch die Bänder zu osteofibrösen Umrahmungen bestimmt geformter Fenster ab-

geschlossen (Abb. 90). Das obere größere Fenster ist viereckig, fast rund; es entspricht der Incisura isch. major und heißt Foramen ischiadicum majus. Seine knöcherne Begrenzung gehört noch zum Teil dem Darmbein an, welches etwa in der Mitte der Inzisur (ohne sichtbare Grenze beim Erwachsenen) in den oberen Ast des Sitzbeines übergeht. Das untere kleinere Fenster ist dreieckig; es entspricht der Incisura ischiadica minor und heißt Foramen ischiadicum minus. Das ganze Hüftbein ist niedriger und breiter geworden als bei Tieren (Abb. 230b). Die Spina iliaca posterior inferior ist dem Sitzbeinknorren genähert. Die Gelenkfläche zwischen Darm- und Kreuzbein, Facies auricularis, ist nach unten aber auch beträchtlich nach hinten verschoben und gewinkelt.

Alle geschilderten Details des hinteren Hüftbeinrandes beruhen letztlich auf der Verschiebung des Schwerpunktes des Körpers nach hinten. Man sollte meinen, daß dadurch das Hintenüberkippen des Rumpfes befördert und das Gleichgewicht in der aufrechten Stellung verhindert würde. Dagegen hat sich ein sehr einfaches Ausgleichmittel eingestellt. Das Becken wird in den beiden Hüftgelenken so gedreht, daß es im ganzen gegen die Horizontale genau um den gleichen Betrag gehoben wird, um welchen sich die Hüftkreuzbeinverbindung dorsalwärts senkt (Abb. 227b, roter Kontur; das Becken ist so gedreht, daß Il″ wieder wie Il in Abb. a steht). Durch diese Gegendrehung des gesamten Beckens bleibt der Schwerpunkt der Rumpflast im labilen Gleichgewicht; er liegt bei der üblichen Haltung des aufrecht stehenden und gehenden Menschen trotz der Verschiebung der Hüftkreuzbeinverbindung immer möglichst genau über den Mittelpunkten der Hüftgelenke, in welchen der Rumpf auf den Beinen balanciert.

Man kann die Umformung des Beckens so ausdrücken, daß das Becken durch Abknickung in sich (Vergrößerung des Winkels α, Abb. 227) so gedreht wird, daß die Darmbeinachse in die Lage von HH′ der Abb. 80a gerät, und daß die Gegendrehung des Beckens im ganzen sie in die Lage von HH′ der Abb. 80b zurückleitet. Beide Drehungen sind nicht notwendig als etwas zeitlich Getrenntes aufzufassen, sondern um jeden Grad, welchen das Becken in sich geknickt wird, kann es seine Neigung im ganzen ändern und auf diese Weise das Gleichgewicht des Körpers erhalten. Bei Menschenaffen ist immerhin das Gleichgewicht noch nicht erreicht; sie stützen sich auf die Fingerknöchel der Hand, wenn sie aufrecht stehen oder gehen. Beim Kind ist der Winkel α anfänglich nicht größer als beim Gorilla (S. 458). Die endgültige Größe des Winkels wird beim Gehenlernen erreicht, wenn Beckenknickung und Beckenneigung genau ineinander gerechnet sind. Für das Sitzbein, welches an der Gegendrehung mitbeteiligt ist, folgt, daß die Körperlast im Sitzen mehr auf den vorderen Teil des Sitzbeinknorrens verlagert wird, und daß das eigentliche Tuber beim Menschen mehr Ansatzpunkt der hinteren Oberschenkelmuskeln ist (M. biceps, semitendinosus, semimembranosus, Abb. 258).

Unter Korpus (Abb. 228) versteht man das Stück des Sitzbeines, welches den unteren hinteren Abschnitt der Gelenkpfanne bildet. Es zieht sich nach hinten in die Spina ischiadica aus und reicht vorn bis an das Foramen obturatum. Der Ramus superior steht in der aufrechten Körperstellung fast senkrecht, der Ramus inferior annähernd horizontal. (Die alten Bezeichnungen R. descendens für R. sup. und R. ascendens für R. inf. sind richtig, wenn man am Korpus beginnt und von hier aus dem Knochen entlang fährt. Bezüglich der Horizontalebene sind beide Äste aufsteigend. Um Mißverständnisse zu vermeiden, wird am besten diese Ausdrucksweise hier und beim Schambein ganz vermieden.) Die Vereinigungsstelle des Ramus inferior mit dem Os pubis ist auch beim Erwachsenen häufig an der Außenseite an einer Knochenleiste kenntlich. Der untere Ast ist mehr platt als der obere, hat aber selbst keine Besonderheiten. Die Außenfläche des Korpus und der Rami ist mit zahlreichen Gefäßlöchern übersät, die Innenfläche ist glatt. Zwischen Acetabulum und Tuber ischiadicum ist der obere Sitzbeinast außen zu einer glatten Rinne vertieft, Abb. 90, Sulcus tuberoglenoidalis, welche bei Annäherung des Sitzbeinhöckers an die Pfanne ausgespart bleibt. Der Musc. obturator externus, welcher diese Rinne bedeckt (Abb. 59), ist viel breiter als sie und wird erst weiter distal sehnig. Die Rinne ist also keine Führung für die Sehne des Muskels.

Detailbezeichnungen, Durchlaßpforten für Weichteile



Im Foramen ischiadicum majus liegen der Musc. piriformis und die oberhalb und unterhalb desselben passierenden Gefäßnervenbündel (suprapiriform liegen: Art. und Vena glutaea superior, Nervus glut. sup. Infrapiriform liegen: Art. und Vena glutaea inferior, N. glut. inferior, N. cut. femoris posterior, Nervus ischiadicus, Art. und V. pudenda interna, Nervus pudendus). Der Inhalt des Foramen ischiadicum minus setzt sich zusammen aus der Sehne des Musc. obturator internus und einem Teil des infrapiriformen Gefäßnervenbündels, welches durch das große Loch das Becken verlassen hat und durch das kleine Loch wieder in das Innere des knöchernen Beckens zurückkehrt (Art. u. V. pudenda interna, Nervus pudendus: sie erreichen durch das For. isch. minus die Fossa ischiorectalis, welche innerhalb des Beckenknochens, aber außerhalb des muskulösen Bodens des Beckeninnenraumes liegt, S. 474).

Der suprapiriforme Spalt des Foramen ischiadicum majus ist so tief unter den Gesäßmuskeln versteckt, daß man ihn äußerlich nicht direkt wahrnehmen kann. Aber die Lage läßt sich mittels einer Hilfslinie leicht feststellen. Man verbindet die Spina iliaca posterior superior mit dem höchsten Punkt des Trochanter femoris (Abb. 127, links) durch eine gerade Linie, welche der Wölbung der Gesäßmuskeln folgt, Linea iliotrochanterica. Sie schneidet den oberen Rand des For. ischiad. majus an der Grenze zwischen ihrem inneren und mittleren Drittel und gibt außerdem die Faserrichtung des M. glutaeus maximus an. Durch Auseinanderdrängung der Muskelfasern kann der Chirurg von dieser Linie aus ohne große Verletzungen bis auf den suprapiriformen Spalt des For. isch. majus eingehen. Zur Bestimmung der Lage des infrapiriformen Spaltes benutzt man als Hilfslinie die geradlinige Verbindung der Spina iliaca posterior mit dem Tuber ischiadicum. Die Arteria glutaea inferior liegt etwa in der Mitte dieser Linie.

Die drei Passagen für die Gefäßnervenbündel (supra- und infrapiriformer Spalt des For. isch. majus und das For. isch. minus) sind in seltenen pathologischen Fällen Bruchpforten oder Durchtrittsstellen für Eitergüsse u. dgl. aus dem Beckeninneren unter die großen Gesäßmuskeln (bei Ergüssen auch in umgekehrter Richtung).

Form des Schambeins als Ausdruck seiner Belastung. Abb. 95, 96, 107, **228**, 246, 252, 258

Das Schambein, Os pubis, umrahmt das Foramen obturatum auf der kranialen und ventralen Seite; man unterscheidet nach diesen Richtungen den Ramus superior und den R. inferior ossis pubis (Abb. 228). Beide hängen in einem dicken Knochenstück, Tuberositas ossis pubis, zusammen. Diese trägt eine ovale rauhe Fläche, Facies symphyseos; die so genannten Flächen beider Schambeine stehen einander zugewendet und werden durch den Schoßfugenknorpel und andere Haftapparate zusammengehalten (Abb. 107). Das Schambein liegt der Haut viel näher als das Sitzbein. Die Symphyse und der obere Schambeinrand sind von außen tastbar, allerdings von großen Fettmassen überlagert (vor allem bei der Frau). Die Haut ist mit Schamhaaren bewachsen, deren obere quere Begrenzung dem oberen Rand der Symphyse entspricht, beim Mann hingegen längs der Linea alba weiter in die Höhe läuft. Bei der Frau verläuft außerdem eine besondere Querfalte oberhalb des Schambergs längs dem oberen Rand des Schambeins (Abb. 104). Seitlich liegen beiderseits die Schenkellinien. Das Dreieck zwischen diesen 3 Linien ist von sukbutanen Fettmassen eingenommen, Venusberg s. Mons veneris; es entspricht der Partie des Knochens, die der Haut zunächst liegt. Weiter unterhalb fügen sich die äußeren Geschlechtsorgane bei beiden Geschlechtern zwischen die beiden unteren Äste der Schambeine ein und bedecken diese.

Der Winkel zwischen den beiden Ästen, Angulus pubicus (Abb. 252), und damit die ganze Form des Schambeines sind ebenfalls abhängig von der Belastung des Beckens durch den Rumpf. Je mehr die Hüftkreuzverbindung dorsalwärts rückt, um so mehr werden die Schambeine lateralwärts auseinandergezogen. Das Skelett gibt, aus biologischen Gründen, anstatt entsprechend verstärkt zu werden, diesem Zug nach, und die Schoßfuge, die bei Menschenaffen besonders lang ist, wird auf ein Minimum verkürzt. Denn was an Festigkeit des knöchernen Beckenzylinders geopfert wird, kommt der Geräumigkeit des kleinen Beckens und besonders seines Einganges zugute. Bei Menschenaffen ist der Eingang noch längsoval wie bei allen Vierfüßlern, beim

Menschen allein queroval (über sexuelle und andere Varianten siehe „Beckenmasse"). Die Belastungsveränderungen sind dem Gebärakt und damit dem spezifischen Wachstum des menschlichen Großhirns dienstbar geworden. Auch die Abnahme der Höhe der Symphyse und die Zunahme der Größe des Angulus pubicus, welche durch den lateralwärts gerichteten Zug der Schambeine eingeleitet ist, ist nirgends so groß wie beim Menschen. Durch die geringe Höhe der Vorderseite des knöchernen Beckenzylinders wird das eventuelle Geburtshindernis auf eine möglichst geringe Strecke eingeengt. Der Schutz für die Beckeneingeweide ist dadurch an sich verringert. Verletzungen sind von vorn und hinten (Damm) am ehesten möglich, aber wegen der aufrechten Körperhaltung und der versteckten Lage des Dammes doch nicht häufiger als bei dem zwar knöchern besser gedeckten, aber exponierter liegenden Beckeninhalt des Vierfüßlers.

Dem Korpus gehört der vordere untere Abschnitt der Hüftpfanne an. Der Ramus superior steht der Horizontalen näher als der R. inferior, aber nie wirklich horizontal; letzterer steigt von der Symphyse aus gerechnet nach dem Sitzknorren **Neigung des Schambeins zur Horizontalen**

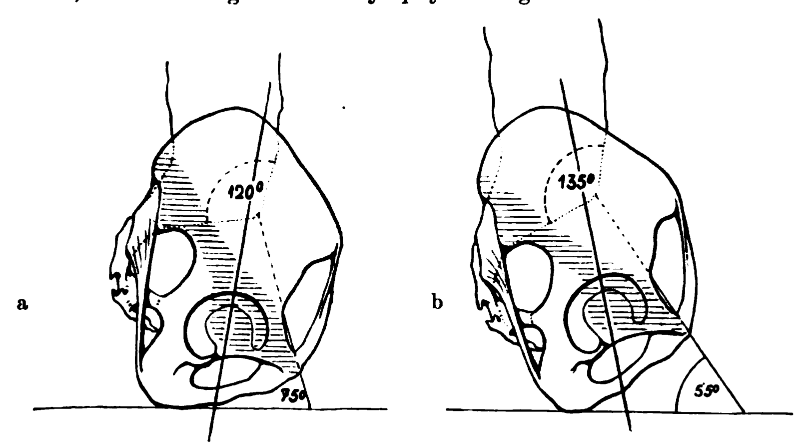


Abb. 231. Verschiedene Grade der Beckenneigung. Das Promontorium ist einpunktiert (vgl. mit Abb. 90). Die ausgezogene rote Linie geht durch korrespondierende Punkte. Bei a nach vorn, bei b nach hinten geneigtes Becken. Über Schraffierung Text S. 477. Die Winkelgrade des Angulus lumbosacralis und des Neigungswinkels zwischen der Eingangsebene des kleinen Beckens und der Horizontalen sind eingetragen.

zu steil ab (Abb. 95; deshalb wurde früher der R. inferior „absteigender" Schambeinast genannt, der R. superior hieß fälschlich „horizontal"). Der Übergang des oberen Astes in das Darmbein ist immer an einer Vortreibung des Knochens kenntlich, Eminentia iliopectinea (Abb. 228), der Übergang des unteren Astes in den unteren Sitzbeinast ist häufig durch eine Knochenleiste markiert. Beide liegen auf der Außenseite des Beckens. Die Eminentia iliopectinea ist der Ansatzpunkt für das Ligament gleichen Namens (S. 168).

Die Richtung der Schambeinäste zur Horizontalen hängt mit der Stellung des ganzen Beckens zusammen. Das Becken kann, wie sich beim Hüftgelenk zeigen wird, nach hinten zu nur bis zu einem gewissen Grad geneigt werden, welcher durch die Länge eines Hemmungsbandes (Ligamentum iliofemorale Bertini) bestimmt ist. Dadurch ist für das betreffende Individuum das Extrem des Neigungswinkels nach der einen Seite (Winkelminimum) festgelegt; nach der anderen Seite ist der Winkel variabel, je nachdem das Becken habituell durch aktive Kräfte des Individuums von dem Anschlag entfernt gehalten wird, welchen das Hemmungsband liefert. Um die tatsächliche Beckenneigung zu bestimmen, mißt man den Winkel, welchen die Ebene des Beckeneinganges (Linea terminalis) mit der Horizontalen bildet. Die Neigungswinkel schwanken zwischen 55—75°. Durch Vergleich der beiden in Abb. 231 abgebildeten Extreme mache man sich klar, daß der obere Schambeinast sich der Horizontalen um so mehr nähert, je weniger geneigt das Becken steht; er bleibt um so weiter von ihr entfernt, je steiler sich das Becken stellt. Die Wirbelsäule ist im letzteren Fall vom Promontorium ab stärker nach

hinten abgebogen als bei wenig geneigtem Becken; der Winkel zwischen Lenden- und Kreuzbeinabschnitt der Wirbelsäule, der Angulus lumbosacralis, vergrößert sich, wenn der Neigungswinkel des Beckens abnimmt. Macht die Gegendrehung des Beckens (Abb. 227, roter Kontur) zu früh halt, so droht das Übergewicht des Rumpfes den aufrecht stehenden Körper nach hinten umzukippen. Ein zu scharf geknicktes Promontorium würde den Antrieb nach hinten nur vergrößern. Gegen diese Tendenz des Körpers hintenüber zu fallen, kann der Gegenzug von Bändern und Muskeln wirken.

Neigungswinkel und Schenkelform

So strahlt die verschiedene Haltung des Beckens (Neigungswinkel) ihre Folgen in weit entfernte Gegenden des Körpers aus, und von da aus kehren sie zum Becken in Form spezieller Muskeleinwirkungen auf die Skulptur des Knochens zurück, besonders beim Schambein. Die Muskeln, welche vom Schambein entspringen, vor allem die Muskeln an der Innenseite des Oberschenkels (Adduktoren, Abb. 246), werden bei verminderter Beckenneigung um so mehr nach vorn verlagert, je weiter unten sie am Knochen entspringen. Die äußere Gestaltung der Oberschenkel (Rundung der Innenseite, Schenkelschluß bei aufrechter Stellung) ist in hohem Maß von der Beckenneigung abhängig. Die antiken und antikisierenden Künstler geben einer geringen Beckenneigung den Vorzug, weil sie den vollkommeneren Schluß und die vollere Form der Oberschenkel in der Ansicht von vorn darzustellen lieben und weil sie richtig erkannt haben, daß diese Formen mit der Beckenneigung zusammengehören. Die Oberschenkelmuskeln (Adduktoren), welche am weitesten vorn am Rand des Schambeins entspringen, haben den größten Hebelarm (Moment) für die aktive Fixierung des Beckens. Aus der habituell variablen aufrechten Körperhaltung oder aus bevorzugten Bewegungen des Körpers ergeben sich infolgedessen besondere Beziehungen des Knochens zu den Muskeln.

Detailform des Schambeins

Der ganze Vorderrand des oberen Schambeinastes ist wie die Krempe eines Hutes nach vorn umgebogen (in Abb. 95 zeigt der Verweisungsstrich des Os pubis auf die Stelle; sie hat keinen besonderen Namen). Nach der Symphyse zu ladet der Rand zu einem besonderen Vorsprung aus, Tuberculum pubicum, welches Muskel- und Bandapophyse zugleich ist (für M. adductor longus, Abb. 246b und Ligam. inguinale Pouparti, S. 177). Es liegt ca. 2 cm außen von der Symphyse, ist aber nur bei mazerierten Knochen so prominent. Beim natürlichen Skelett füllt der Schoßfugenknorpel die Delle im Knochengewebe aus (vgl. Abb. 95, 96, 107 und S. 472).

Der Schambeinanteil der Linea terminalis heißt wegen seiner Schärfe auch Schambeinkamm, Pecten ossis pubis (Abb. 228). Er läuft in das Tuberculum pubicum aus.

Die Innenfläche des Schambeines ist glatt, die Außenfläche mit zahlreichen Gefäßlöchern bedeckt. Bei Beckenfraktur kann das Abspringen von Splittern aus der sonst glatten Knocheninnenfläche beträchtlichen Schaden anrichten, weil der Abstand von den Eingeweiden gering und für diese ein Ausweichen schwer möglich ist. Schambeinsplitter verletzen dann nicht selten die Blase, Harnröhre oder Vagina.

Foramen obturatum und Membrana obt., Abb. 90, **228**, 246, **258**, **262**

Das verstopfte Loch, Foramen obturatum, ist geschlossen durch eine straffe Haut, Membrana obturatoria, und durch die Muskeln, welche beiderseits von ihr und von der knöchernen Umrahmung entspringen (M. obturator externus, außen, und M. obt. internus, innen, Abb. 246). Die Membran gehört zum Knochen, da das straffe Bindegewebe, aus welchem sie besteht, als Ersatzmittel an die Stelle des schwereren Knochengewebes getreten ist. Letzteres ist überflüssig, da die Hauptbeanspruchung beim Stehen in den oberen Schambeinast, beim Sitzen in den oberen Sitzbeinast fällt (S. 476). Die Muskeln greifen an diesen Verstärkungsbalken des Knochens wie an den Spangen eines Steuerrades an. Der eine Hebel geht von der Symphyse durch den oberen Schambeinast zu den Spinae iliacae posteriores (Abb. 231, rot schraffiert), der andere vom Sitzbeinknorren zu dem vorderen Darmbeinstachel; sie kreuzen sich im Acetabulum. Die Knochensubstanz ist an diesen Stellen am massigsten angehäuft. In der Ruhe und in der Bewegung ist der Knochen außerhalb der genannten Richtungen am wenigsten beansprucht. Die Knochensubstanz der Fossa iliaca und des Ramus inferior des Scham- und Sitzbeines ist nur gerade so stark, um den Zusammenhalt des Ganzen zu sichern und um den Muskeln feste Ursprungsstätten zu geben. Die Membrana obturatoria entspricht den Periostlamellen des ausgesparten Knochengewebes. Sie ist schräg

zum Niveau des Knochens in den Rahmen eingefügt: am medialen Rand des Loches geht sie in die Außenfläche, am lateralen und oberen Rand in die Innenfläche des Knochens über (Abb. 258). Sie ist durch glänzende, meistens quer, zum geringeren Teil auch in anderen Richtungen verlaufende Bindegewebszüge verstärkt, die einzelne kleine Lücken von inkonstanter Lage zwischen sich frei lassen. Regelmäßig ist oben medial ein größeres Loch am Rand der Membran ausgespart; durch einen Ausschnitt der Innenseite des Knochens, Sulcus obturatorius (Abb. 228), wird es zu einem ca. 3 cm langen Kanal für den Durchtritt von Gefäßen und Nerven ergänzt, Canalis obturatorius (Abb. 90).

Der Kanal ist so weit, daß die Fingerkuppe in ihn eindringen kann (Inhalt: Art., Vena, Nerv. obturatorius und Fett. Abb. 258; pathologisch für Brüche und Abszesse). Der Rand der Membran gegen den Kanal hin ist durch besondere straffe Fasern verstärkt; die äußeren gehen zum Teil über die Umrahmung der Membran hinaus bis zur Hüftgelenkkapsel, die meisten sind jedoch an besonderen Bandapophysen des Knochens befestigt: an der Crista obturatoria posterior (Abb. 228), an dem Tuberculum obturatorium anterius, welches zum inneren Rand des oberen Schambeinastes gehört, und an dem Tuberculum obturatorium posterius, das weniger konstant ist, zum Sitzbein gehört und dicht neben dem Ausschnitt der Hüftgelenkspfanne liegt.

Die Hüftgelenkspfanne, Acetabulum, ist dem Kopf des Oberschenkelknochens, Femur, und den Haftapparaten zwischen beiden entsprechend geformt. Die Details werden bei der Beschreibung des Hüftgelenkes verständlich und dort beschrieben werden (S. 521). Das Hüftbein ist aus Gründen der Festigkeit für die Hauptbeanspruchungen des Beckens an der Stelle der Gelenkpfanne besonders dick (Abb. 260). Die halbkugelige Vertiefung der Pfanne hat infolgedessen Raum genug im Knochen.

Pfanne, Acetabulum, Abb. 90, 258, 260

Oft ist der Boden durchscheinend dünn. In seltenen pathologischen Fällen kann der Femurkopf durch ihn hindurch in das Beckeninnere eintreten oder die Knorpelfugen der im Acetabulum zusammenstoßenden drei Knochen können bei jugendlichen Individuen nachgeben (Abb. 225). Wegen der Dicke des Pfannenteiles des Hüftbeines nennt man jeweils das der Pfanne angehörige Stück der drei beteiligten Knochen Korpus. Der Rand der Pfanne prominiert über das Niveau des übrigen Knochens, Supercilium acetabuli, und ist unten breit eingeschnitten, Incisura acetabuli. Diese Stelle liegt beim aufrechtstehenden Menschen ungefähr am tiefsten Punkt des Randes (Abb. 90). Man kann danach das isolierte Hüftbein schnell so orientieren, wie es ungefähr innerhalb des Körpers liegt. Nur ein halbmondförmiger Randstreifen der Pfanne ist überknorpelt, Facies lunata (Abb. 258). Der Boden ist rauh, Fossa acetabuli und hat in der Incisura acetabuli wie ein Napf seinen Auslauf (Acetabulum = Essignäpfchen).

b) Das Bänderbecken.

Die Verankerung der Hüft- und Wirbelknochen ist durch Amphiarthrosen und durch besondere Haftbänder zwischen Hüft- und Kreuzbein gesichert, Ligamentum sacrotuberosum und Lig. sacrospinosum, welche für den mechanischen Zusammenhalt des Beckens im ganzen besonders wichtig sind.

Kreuzhüftbänder im allgemeinen

Der Neigungswinkel des ganzen Beckens zur Horizontalen ist variabel (Abb. 231). Je weniger steil das Becken gestellt ist, um so mehr wird sich das Kreuzbein der Senkrechten nähern; im Sitzen steht es fast vollkommen senkrecht. In diesen Stellungen preßt sich das Sakrum unter dem Druck der Oberkörperlast wie ein Keil zwischen die beiden Hüftbeine hinein; seine Basis ist um so fester eingeklemmt zwischen diesen, je weniger sie ausweichen können. Die Gelenkflächen zur Verbindung mit den Hüftbeinen stehen so schräg, wie es der Gesamtform des Keiles entspricht (Abb. 50). In den meisten Fällen sucht das Kreuzbein eine schräge Richtung zu nehmen; es würde sich — ohne die Bandverbindungen — um die Facies auricularis, welche mit der gleichnamigen Ge-

lenkfläche des Hüftbeines artikuliert, wie ein Wagebalken drehen, dessen kurzer Hebelarm, das Promontorium, nach unten absinkt, dessen langer Hebelarm, die Kreuzbeinspitze, gehoben wird. Dies müßte in zunehmendem Maß der Fall sein, je steiler das Becken gestellt wird (Abb. 231 a). Die besonderen Haftbänder zwischen Kreuz- und Hüftbein greifen jedoch rechtzeitig ein. Die Spitze des Kreuzbeinkeils ist durch das Ligamentum sacrotuberosum und Lig. sacrospinosum so gehalten und so geführt, daß tatsächlich ein Ausweichen nach hinten und oben für sie unmöglich wird. Es bleibt also die Keilwirkung so groß, wie sie nach der jeweiligen Stellung des Beckens nur sein kann: das Kreuzbein ist zwischen die Hüftknochen federnd eingespannt. Denn sobald es nur ein wenig schräg steht, sind die genannten Bänder gestrafft, um das Absinken des Promontorium in das Beckeninnere unter dem Drucke der Oberkörperlast zu verhüten.

Ligamentum sacrospinosum

Das Ligamentum sacrospinosum ist kürzer und versteckter als das andere. Es wird im aufrechten Stehen in der Ansicht von hinten vom Lig. sacrotuberosum vollständig verdeckt (Abb. 97); in der Ansicht von der Seite ist die Befestigung an der Spina ischiadica und das äußere Drittel des Bandes sichtbar (Abb. 90). Es ist dreieckig geformt. Die Basis ist breit an der lateralen Seite der Kreuzbeinspitze und der Steißbeinbasis befestigt, die Spitze an der Außenfläche des Sitzbeinstachels, auf welcher sie ausstrahlt. Es sondert das Foramen ischiadicum majus vom F. isch. minus und hält zusammen mit dem der anderen Körperseite das Kreuzbein beim aufrechten Stand mit Transversalzügen wie ein Faßreifen an den Hüftbeinen fest.

Die Innenfläche des Bandes ist verflochten mit Muskelzügen des Musc. coccygeus (siehe Dammuskeln, Bd. II); letztere können oft weit in das Band hinein verfolgt werden. Ursprünglich liegt hier ein großer Schwanzmuskel, welcher bei Tieren den Schwanz seitlich zu bewegen vermag (Adduktor). Er ist mit dem Verlust des Schwanzes hinfällig geworden, aber der M. coccygeus und das Lig. sacrospinosum sind aus ihm hervorgegangen. Als Rudiment jenes Schwanzmuskels hat das Band die sehr variablen Befestigungen am Steißbein behalten, die bis zu dessen Spitze reichen können.

Lig. sacrotuberosum

Das Ligamentum sacrotuberosum ist daumenbreit und viel kräftiger als das vorige. Es dient dem großen Gesäßmuskel, M. glutaeus maximus, als Ursprung, ist aber, wenn man dessen untere Randpartie hinaufschiebt, durch die Haut beim Lebenden fühlbar und an seiner starken Resistenz leicht erkennbar. Auch vom Mastdarm aus kann es abgetastet werden. Es ist sanduhrförmig (Abb. 127). Von der breiten Ursprungsbasis zu seiten des Kreuzbeines aus, die nach oben bis zum oberen hinteren Darmbeinstachel und gelegentlich sogar bis auf die Crista iliaca, nach unten bis zum 2. Steißwirbel reicht, überkreuzen sich die Fasern des Bandes; die am weitesten unten entspringenden inserieren weiter nach oben am Sitzbeinknorren als die am weitesten oben entspringenden Fasern. Sie liegen in Platten, die von Fettlagen gegeneinander getrennt sind. Nicht selten durchsetzen feine Gefäß- und Hautnervenäste das Band. Der untere Rand setzt sich in den Processus falciformis fort, einen künstlich isolierbaren Streifen, der nichts anderes ist als die unterste Partie der Faszie des Musc. obturator internus (S. 506). Es ist einleuchtend, daß die beiden kräftigen Ligg. sacrotuberosa, welche die ganzen Breitseiten des Kreuzbeines besetzt halten, jede Verschiebung des Knochens nach hinten oder nach den Seiten verhindern.

Der M. obturator internus ist mit seinem Ursprung in den Winkel zwischen Sitzbein und Lig. sacrotuberosum eingeschoben. Seine Faszie steht mit dem Band in festem Zusammenhang und bedeckt den kreisförmigen Ausschnitt zwischen Band und Knochen (vgl. Abb. 59 und 97, rechts). Die Nische zwischen Processus falciformis und Knochen ist ganz mit Muskelfleisch ausgefüllt, die Vasa pudenda interna und der Nervus pudendus liegen etwa 4 cm oberhalb des Sitzbeinknorrens in einem besonderen Tunnel der Faszie eingescheidet (ALCOCKscher Kanal).



Das Ligamentum sacrotuberosum hängt mit den Bändern auf der Hinterseite des Kreuz- und Steißbeines breit zusammen. Die Sehnen des M. biceps und semitendinosus strahlen mit Fasern in das Band ein (Abb. 258); diese Oberschenkelmuskeln können es aktiv spannen helfen.

Voraussetzungen für die hier behandelten Wirkungen der Haftbänder zwischen Kreuz- und Hüftbein ist die Unverschieblichkeit der Hüftbeine selbst. Nur unter dieser Voraussetzung können die Haftbänder von den Hüftbeinen aus das Kreuzbein eingespannt halten. Die wichtigste Grundlage für die Fixierung der Hüftbeine geben **drei** Gelenke des Beckens, von welchen wir uns zuerst den beiden Kreuzhüftgelenken zuwenden.

Gelenkflächen der Articulatio sacroiliaca

Die **Articulatio sacroiliaca** besteht aus einer in aufrechter Körperstellung fast horizontal stehenden, einer Ohrmuschel ähnlichen Gelenkfläche des Hüftbeins, **Facies auricularis** (Abb. 228), und aus einer entsprechend geformten, eine Spur größeren Gegenfläche auf der Massa lateralis des Kreuzbeines, welche dem 1. und 2. Kreuzwirbel, oft auch noch ein wenig dem 3. angehört (Abb. 50c). Beide Gelenkflächen sind mit Faserknorpel überzogen und oft mit Faserzügen quer durch das Innere des Gelenkes hindurch miteinander verbunden. Sie sind mit etwas Synovia benetzt. Die Spalten der rechten und linken Körperseite konvergieren in doppelter Weise, erstens in der Richtung der Basis des Kreuzbeines zur Spitze und zweitens von dorsal nach ventral in der Richtung der Hauptbelastung durch den Oberkörper (Abb. 236). Der Hüftknochen faßt mit einem Wulst (Bogenwulst, Abb. 228) in eine Vertiefung der Gelenkfläche des Kreuzbeines hinein. Infolgedessen ruht oberhalb des Wulstes das Kreuzbein auf dem Hüftbein und unterhalb des Wulstes das Hüftbein auf dem Kreuzbein. Die Form der Gelenkflächen wirkt so als Sperrzahn bei der Belastung des Gelenkes durch den Oberkörper und verhindert das Absinken der Basis des Kreuzbeins in das Beckeninnere, solange die Hüftbeine festgestellt sind.

Diese Sperrung ist wichtiger als die variable Keilform des Sägeschnittes durch das Kreuzbein. Es kommt vor, daß in der Eingangsebene des kleinen Beckens ein Verlauf der Gelenklinie beobachtet wird, welcher nach unten **außen** gerichtet ist (Abb. 232a). Man hielt sie eine Zeitlang irrtümlich für die häufigere Form. Es pflegt in solchen Fällen die gleiche Gelenkfläche an einer anderen Stelle nach unten innen gerichtet zu sein (Abb. 232b). Bei den meisten Becken steht sie an allen Stellen analog den Seitenflächen eines Schlußsteines in einem Tonnengewölbe.

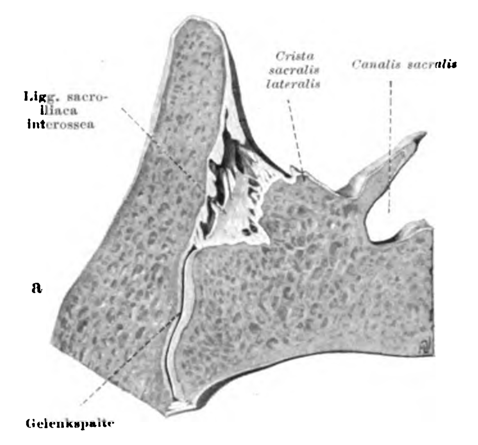
Außer dem regelmäßig vorhandenen Hauptwulst der Gelenkfläche kommen nicht selten noch Nebenwülste vor, welche von der Facies auricularis des Kreuzbeines in diejenige des Hüftbeins hineingreifen. Die Verzahnung ist dann eine mehrfache. Ist nur ein Bogenwulst vorhanden, so ist er häufig so orientiert, daß er wie das Stück eines Kreises zentrisch zu einem Punkt hinter der Facies auricularis auf dem Tuber iliacum verläuft (liegendes Kreuz in Abb. 228). Verbindet man diesen Punkt beider Hüftbeine durch eine Gerade, so erhält man eine transversale Achse, um welche bei gelockerten Bandapparaten (am Ende der Schwangerschaft) eine geringe Drehung möglich ist. Diese Bewegung ist nicht unmittelbar durch Muskeln ausführbar, sondern nur durch Gewalt von außen, z. B. auch durch veränderte Einwirkung der Last des eigenen Körpers. Sie ist vergleichbar dem erzwungenen Wackeln der Finger in den Mittel- und Endgelenken in anderen Richtungen als den typischen Scharnierbewegungen. Es handelt sich nicht um aktive „Bewegung", sondern lediglich um passive „Beweglichkeit". Sie ist bis zu einem gewissen Grad vorbereitet. Denn der Bogenwulst ist eine Führungslinie dafür, und die größere Gelenkfläche des Kreuzbeins hat Platz im Vorrat für die sich verschiebende Gelenkfläche des Hüftbeines. Die Symphyse wird bei dieser Bewegung gehoben oder gesenkt. Ganz minimale Ausschläge in der Art. sacroiliaca ergeben bei der Länge des Hebelarmes für die Symphyse bereits merkbare Ausschläge (bei der Leiche zwischen 11 und 13 mm, bei stärkster Anwendung von Gewalt sogar über 3 cm). Der Gebärakt bei Frauen mit engem Becken kann infolgedessen erleichtert oder erschwert werden je nach der Haltung der Kreißenden (aufrechtes Gehen und Hängelage erleichtern, Anpressen der Schenkel an den Bauch bei den schmerzhaften Geburtswehen erschweren das Eintreten des kindlichen Kopfes in solchen Fällen). Bei vielen Menschen, besonders Männern, ist selbst bei

höchster Krafteinwirkung nicht die geringste Verschieblichkeit in der Art. sacroiliaca zu erzielen. Deshalb können wir sie für die gewöhnlichen Beanspruchungen des Beckens ganz vernachlässigen.

Sind statt eines Bogenwulstes viele Sperrhöckerchen vorhanden, so holpert bei gelockerten Bändern die eine Gelenkfläche über die andere hinüber. Die Eröffnung der Gelenkspalte mit dem Messer ist wegen der höckerigen Beschaffenheit nicht immer leicht.

Kapsel und Verstärkungsbänder

Das Hüftbein ist in der Articulatio sacroiliaca festgestellt (Amphiarthrose). Dies geschieht durch die Kapsel und ihre Verstärkungsbänder. Die Kapsel ist straff, liegt unmittelbar im Niveau des Periosts von Hüft- und Kreuzbein, dessen Fortsetzung sie ist, und ist im Hüftbein in eine besondere Nut des Knochens vor der Gelenkfläche eingelassen, Sulcus paraglenoidalis (Abb. 228). Die Verstärkungsbänder auf der Vorderfläche der Gelenkkapsel, Ligamenta sacroiliaca anteriora (Abb. 107), sind weit schwächer als die auf der Hinterseite. Sie sind membranartig ausgebreitet. Dorsal von der Gelenkspalte wird die ganze Tiefe der Spalte zwischen Hüft- und Kreuzbein, Spatium



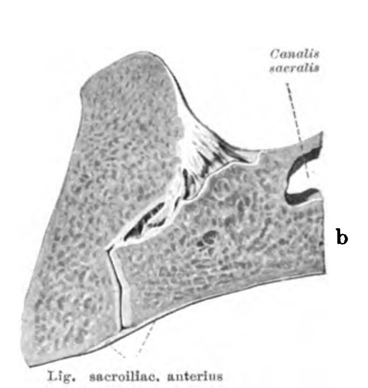


Abb. 232. Sägeschnitte durch die Kreuzhüftverbindung: a) durch den oberen Abschnitt der Articulatio sacroiliaca (in der Richtung der Eingangsebene des kleinen Beckens), b) parallel zu dem vorigen durch den unteren Abschnitt des Gelenkes. Im Spatium interosseum zwischen Kreuz- und Hüftbein liegen Bandmassen mit eingestreutem Fett (statt des Fettes hier die leeren Höhlen).

interosseum, von tiefen Bandmassen eingenommen. Ligamenta sacroiliaca interossea (Abb. 232). Sie inserieren an der Tuberositas iliaca des Darmbeines. Die oberflächlichen dorsalen Bänder zwischen Hüft- und Kreuzbein bedecken die tiefen Bänder; sie sind entweder kurz und mehr quer als schräg gestellt, Ligamenta sacroiliaca posteriora brevia (Ursprung an den Gelenkfortsätzen des Kreuzbeines) oder lang und mehr längs als schräg gestellt, Ligamenta sacroiliaca post. longa (Abb. 233). Die langen Bandzüge bedecken zum Teil die kurzen und werden ihrerseits teilweise vom Lig. sacrotuberosum bedeckt. Man unterscheidet sie bei der Präparation trotz der oft innigen Verflechtung von den letzteren leicht daran, daß sie vom Kreuzbein (nicht vom Sitzbein) kommen. Sie entspringen von den Cristae sacrales laterales des 3. und 4. Kreuzwirbels und inserieren an der Spina iliaca post. superior.

Allen dorsal vom Gelenk liegenden Bandzüge ist gemeinsam, daß sie bei dem Versuch des Kreuzbeines, in das Innere des Beckens abzusinken, angespannt werden und dahin wirken, den Hüftbeinkamm dem Kreuzbein zu nähern (Abb. 236, (Doppelpfeil). Die Last des Oberkörpers wird nach dem Parallelogramm der Kräfte in zwei Richtungen geleitet (Pfeile α und β). Die eine Teilkraft (β)

wird durch den Hebelzug der dorsalen Bänder zum größten Teil automatisch in die Richtung α verlegt, wo sie nicht als Druck, sondern als Zugkraft auftritt. Das Kreuzbein ist also nicht nur durch das Lig. sacrotuberosum und durch das Lig. sacrospinosum, sondern auch durch die dorsalen Verstärkungsbänder des Hüftkreuzbeingelenkes federnd eingespannt. Beide Apparate wirken gemeinsam gegen die Last des aufgerichteten Oberkörpers. Das Kreuzbein ist unter diesem doppelten Einfluß zu einem in sich gekrümmten Knochen geworden,

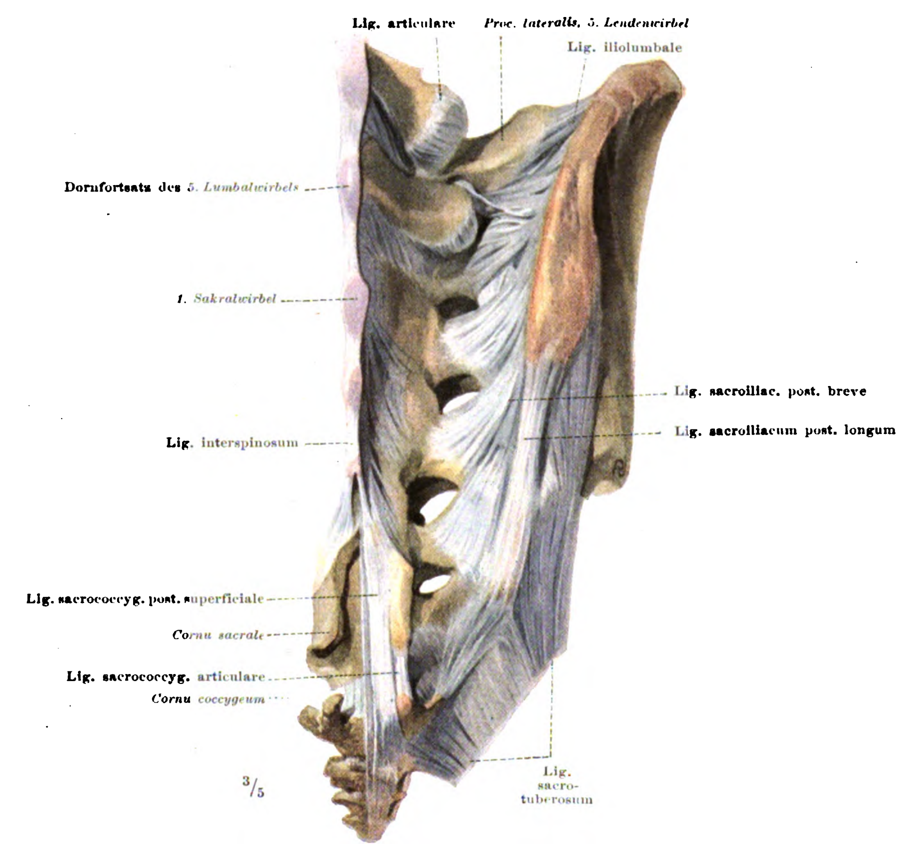


Abb. 233. **Dorsale Bänder des Kreuz- und Hüftbeines.** Nach Wegnahme der Fascia lumbodorsalis und des medialen Traktes der tiefen Rückenmuskeln (Abb. 97).

und das kleine Becken hat unterhalb des Beckeneinganges an Innenraum gewonnen (Beckenweite, S. 479).

Wie abhängig das alles vom modelnden Einfluß der aufrechten Körperhaltung ist, geht daraus hervor, daß nur der Mensch ein stärker gekrümmtes Kreuzbein hat. Den Menschenaffen fehlt die Kreuzbeinkrümmung noch fast ganz.

Die Sitzkreuzbeinbänder suchen die Darmbeine auseinander zu drängen, die Darmkreuzbeinbänder suchen sie an das Kreuzbein anzupressen. Unterstützung finden die Ligamenta sacroiliaca durch die Symphyse (siehe unten); erst dadurch kommt das notwendige Gleichgewicht zwischen den beiden Faktoren zuwege.

Zu den Befestigungen der Darmbeinbänder am Kreuzbein kommen entsprechende Anheftungen am untersten Lendenwirbel hinzu, Ligamentum iliolumbale (Abb. 233, 107). Die Fasern greifen weit auf den Darmbeinkamm über und inserieren am Processus lateralis des 5. Lendenwirbels, be- Ligamentum iliolumbale



kanntlich einem kostalen Abkömmling (entsprechend der Pars lateralis des Kreuzbeines).

Das Lig. iliolumbale und die untersten Teile des Lig. lumbocostale (S. 166) überspringen die Verbindungen zwischen einzelnen Wirbeln sowie zwischen Wirbelsäule und Hüftbein; sie hemmen alle Bewegungen der untersten Lendenwirbel außer solchen nach vorn und hinten (Beugung und Streckung). Letztere sind beim letzten Lendenwirbel besonders frei, da die Zwischenwirbelscheibe sehr hoch ist. Die Vergrößerung und Verkleinerung des Angulus lumbosacralis ist hier lokalisiert (S. 466). Die Größe des Winkels schwankt zwischen 120—135°, ist im Greisenalter aber viel geringer. Wird der Winkel kleiner, so verengt sich der weite Hiatus zwischen letztem Lendendorn und Kreuzbein, welcher Bewegungen an dieser Stelle den nötigen Spielraum leiht.

Beweglichkeit des Steißbeines

Auch der erste Steißbeinwirbel ist gegen das Kreuzbein sehr beweglich, weil häufig der Nucleus gelatinosus in der Bandscheibe durch eine Gelenkhöhle ersetzt und die Berührungsfläche der Skeletteile an sich klein ist. Der Abstand zwischen den Cornua sacralia und Cornua coccygea (Abb. 233, 50) gibt den nötigen Spielraum für die Bewegung des Steißbeins nach hinten. Auch zwischen 1. und 2. Steißbeinwirbel kann Beweglichkeit vorhanden sein. Ist, wie nicht selten beim Mann, die Zwischenscheibe zwischen Kreuz- und Steißbein verknöchert, so kann jenes Intercoccygealgelenk an seine Stelle treten. Ob an zwei oder an einer Stelle (und an welchen) Bewegungen stattfinden, ist äußerlich am Lebenden nicht zu erkennen; dagegen läßt sich durch Abtasten leicht feststellen, wenn das ganze Steißbein starr mit dem Kreuzbein und in sich verbunden ist (vom 30. Lebensjahr ab, selten vorher). Risse in dem verknöcherten Bandapparate oder im Knochen selbst kommen dann besonders leicht vor. Sie sind eine häufige Verletzung beim Fall auf das Gesäß (Skifahren); sie heilen wegen des Zuges der am Steißbein befestigten Muskelfasern sehr langsam und sind besonders schmerzhaft, weil der oder die Coccygealnerven (siehe Bd. III) fest mit dem Periost der Steißbeinwirbel verlötet sind und mitgezerrt werden. Das Steißbein ist im wesentlichen passiv beweglich, wenn es nicht verknöchert ist; beim Sitzen weicht es infolge des Druckes der Oberkörperlast nach innen aus (Abb. 237); beim Durchtritt des kindlichen Kopfes während der Geburt oder bei der Entleerung großer harter Kotballen wird es nach außen weggedrängt. Die Exkursion der Steißbeinspitze nach vorn und hinten beträgt durchschnittlich 2 cm.

Die Bänder des kaudalen Endes der Wirbelsäule sind früher beschrieben (S. 122). Über den Musculus sacrococcygeus posterior siehe S. 90, M. sacrococcyg. anterior Abb. 107. Die Lockerung der Bänder während der Schwangerschaft ist für die Beweglichkeit des Steißbeins bei der Geburt von Belang.

Schoßfuge, Symphyse

Die Schoßfuge, Symphysis ossium pubis, ist eine Knorpelhaft zwischen den Symphysenflächen der beiden Schambeine, welche äußerlich durch Bänder verstärkt ist (Abb. 234). Anfänglich ist der Knorpel hyalin und kompakt. Mit zunehmendem Alter wandelt sich die hyaline Grundsubstanz von der Medianebene aus in Faserknorpel um, Fibrocartilago interpubica, und es entsteht in ihr eine sehr variable Spalte, die mit Synovia gefüllt ist, Cavum symphyseos. Zu beiden Seiten der Faserknorpelplatte bleibt eine Schicht Hyalinknorpel übrig, welche an den Knochen angrenzt, aber durch fortschreitende Ossifikation von diesem aus immer mehr verdünnt wird. Sie verschwindet auch beim Erwachsenen selten ganz. Der Schoßfugenknorpel im ganzen ist auf der Vorderfläche der Schambeine breiter als auf der Hinterseite ($1^1/_2 : {}^1/_2$ cm) und ebenfalls am Oberrand ausgedehnter als am Unterrand. Er ist in doppelter Richtung T-förmig. Am oberen und vorderen Schambeinrand greift er jederseits seitlich über bis zum Tuberculum pubicum (Abb. 95). Der Faserknorpel überhöht hier, fest mit dem Knochen zu einer Einheit verbunden, das knöcherne Becken, so daß die sehnigen Enden von Bauch- und Beinmuskeln hier viel mehr Platz zur Befestigung haben, als man nach der Form des mazerierten Knochens vermuten sollte (M. rectus abdominis, M. pyramidalis, M. adductor longus).

Die Faserzüge innerhalb der Spalte zwischen den Schambeinen umgreifen konzentrisch die Schoßfugenspalte und liegen zu ihr etwa wie die Bandscheibenfasern der Zwischenwirbelscheiben zum Gallertkern. In den oberen seitlichen Ausbreitungen des Faserknorpels bis zu den Tubercula pubica sind die Fasern haupt-



sächlich nach dem Verlauf der eingepflanzten Sehnen gerichtet und dazwischen vielseitig verfilzt.

Die Gelenkspalte entsteht manchmal schon zur Zeit der Geburt, manchmal später (nach dem 7. Lebensjahr). Sie kommt in der Regel bei beiden Geschlechtern zur Entwicklung, wird aber bei der Frau nach Geburten am ausgedehntesten und kann dann die ganze Höhe des Knorpels durchsetzen. Gelegentlich fehlt sie; es kann auch die Symphyse ganz verknöchern. — Besonders bei weiblichen Becken nach Geburten, weniger deutlich (aber selten fehlend) bei andern Becken ist eine unpaare Prominenz des Schoßfugenknorpels auf der Hinterseite der Symphyse nach dem Beckeninnern zu, die schnabelförmig die hier aufgelagerten Bänder vordrängt, Torus pubicus.

Verstärkungsbänder der Schoßfuge

Auf der Oberfläche des Schoßfugenknorpels setzt sich das Periost der beiden Hüftbeine kontinuierlich in die Knorpelhaut fort. Besondere Verstärkungszüge am oberen Schambeinrand, Ligamentum pubicum superius, und im Schambeinwinkel, Ligamentum arcuatum pubis (Abb. 234), liegen dem Perichondrium auf, strahlen aber beiderseits weit in die Knochenhaut der Hüftbeine aus. Von den Sehnen der beiden Mm. recti abdominis gehen oberflächlich zu diesen Zügen liegende Fasern aus, welche sich vor der Symphyse überkreuzen und nach den unteren Schambeinästen zu ausstrahlen (Abb. 107).

Sie sind hier durch Querzüge verbunden, welche oberflächlicher als das Lig. arcuatum liegen und bereits zu den Faszien des Beckenausganges gehören: Ligamentum transversum pelvis. Freibleibende Lücken zwischen den beiden Ligamenten dienen Gefäßen und Nerven zum Durchtritt (eine mediane Lücke für die Vena dorsalis penis, seitlich je eine Lücke für Art. und Nerv. dors. penis).

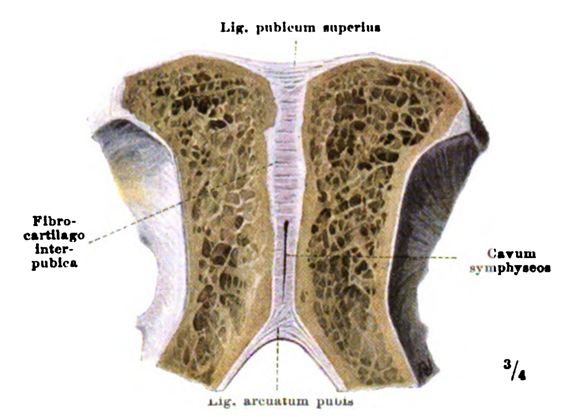


Abb. 234. Schoßfuge, Symphyse. Hintere Hälfte der frontal durchsägten Schambeine.

Sägt man die beiden Schambeine quer zum oberen und unteren Schambeinast durch, so kann man sowohl die Schoßfugenhaft wie auch die Hüftkreuzbeinverbindungen trotz der vielen Bandverstärkungen bewegen, erstere ohne Gewalt, letztere meist nur, wenn man das Kreuzbein in einen Schraubstock einspannt und das Hüftbein an seinem längsten Hebelarm, dem Schambein, anfaßt. Sind aber das Schambein jederseits und die Schoßfuge intakt, so sind die drei Haften der Beckenknochen gleich unbeweglich. Sie sichern sich gegenseitig. In der Schoßfuge können bei natürlichem Zusammenhang der Teile die Knorpel- und Bandhaften nur in einer Ebene, welche etwa der Papierebene der Abb. 234 entspricht, auf Zug oder Druck beansprucht werden, weil die Einrichtung der Articulatio sacroiliaca und ihrer Verstärkungsbänder jede Bewegung der Schambeine aus dieser Ebene heraus ausschließt. Die Verstärkungsbänder der Schoßfuge liegen alle in dieser Ebene; die Beweglichkeit der herausgesägten Knorpelhaft ist nur senkrecht zu ihr möglich, also in einer Richtung, auf welche die Bandhaften nicht eingerichtet sind, weil sie unter natürlichen Bedingungen nicht in ihr beansprucht werden. Die einzige Möglichkeit, passiv die Hüftbeine in der Articulatio sacroiliaca ein wenig zu verschieben (S. 469), ist nicht von Bewegungen innerhalb der Symphyse begleitet, diese wird nur durch Stellungsveränderung der Hüftbeine mitgenommen, ohne sich in sich zu verändern.

In Ausnahmefällen kann der Schoßfugenspalt passiv etwas gedehnt, häufiger der Knorpel eingerissen werden, wenn der Kopf des Kindes bei der Geburt den

Beckenkanal passiert. Völlige Zerreißung ist besonders bei starkem Zug an der Zange bei zu großem Kopf des Kindes möglich; der Knorpel reißt einseitig vom Knochen ab, oft mit Knochensplittern zusammen. Bei der Schwangeren ist das Gewebe der Schoßfuge gelockert.

Wie stark die von innen wirkenden Kräfte bei der Geburt sein können, ist an kreißenden Frauen bei operativer Spaltung des Symphysenknorpels (Symphyseotomie) oder bei Durchtrennung des Schambeines neben der Symphyse (Pubotomie, welche wegen des Gefäßreichtums der Symphyse technische Vorzüge hat) gemessen worden; es weitet sich die künstliche Spalte während der Austreibungswehen um $1^1/_2$ cm, bei Unterstützung durch äußeren Zug seitens des Geburtshelfers sogar bis auf 10 cm. Doch leiden dabei die Bänder der Art. sacroiliaca. Auf 5 cm Distanz der Schambeine kommt eine Verlängerung der Conjugata vera (S. 479) von nur $1^1/_4$ cm. Geburtshindernisse bei zu engem Becken können deshalb nur durch starke operative Eingriffe beseitigt werden.

c) Das Becken als Ganzes.

Verschiedene Bedeutung des Wortes „Becken“

Die Beckenknochen, -gelenke und -bänder werden innerhalb des Körpers durch Muskeln, Faszien, Fett und andere die Muskellücken ausfüllende Weichteile (Gefäße, Nerven) zu einem geschlossenen Körper ergänzt, den wir **Becken** nennen. Der Name Becken schlechthin wird auch in dem engeren Sinn zur Bezeichnung der beteiligten Knochen oder der beteiligten Knochen und Bänder gebraucht (exakter: knöchernes Becken und osteofibröses oder Bänderbecken); dies ist nur eine **Teilbezeichnung**. Denn nur mit allen Weichteilen zusammen, kommt das **Becken als Ganzes** zustande. Es schließt sich an den muskulösen **Bauchzylinder** an (Abb. 90) und bildet dessen schrägen, breittrichterförmigen Boden (großes Becken). An der Linea terminalis des knöchernen Beckens geht der Bauchzylinder in den **Beckenzylinder** über (kleines Becken, Abb. 235). Der Inhalt des Bauchzylinders findet zum Teil auf den schrägstehenden Hüftbeinflügeln und ihrer Muskelbedeckung (M. iliopsoas) eine Stütze, zum Teil geht er ohne Grenze in den Inhalt des Beckenzylinders über und ruht hier auf einem rein von Weichteilen gebildeten Boden, **Diaphragma pelvis**. Der Innenraum, die **Beckenhöhle**, ist keineswegs mit der äußeren Begrenzung konform. Denn die Eingeweide können nicht über den engen Muskeltrichter des Diaphragma hinaus absinken. Die knöcherne Wandung des kleinen Beckens mit den dazu gehörigen Bändern, Muskeln usw. geht mit fast **senkrecht** stehenden Wänden bis zum Sitzknorren hinab, so daß zwischen Diaphragma und ihr ein Raum entsteht, welcher außen von der **Beckenhöhle**, dagegen innen von der **Beckenwandung** gelegen ist. Dieser Raum heißt **Damm, Perineum**. Er liegt nur zum Teil zwischen den Oberschenkeln unter der Haut: **Regio perinealis** (von der Steißbeinspitze bis zu den äußeren Geschlechtsorganen); zum Teil erstreckt er sich in die Tiefe bis zum muskulösen Boden der Beckenhöhle: **Fossa ischiorectalis**; (dieser trichterförmige Raum, dessen Spitze nach oben gerichtet, also gerade umgekehrt gestellt ist wie der Innenraum der Beckenhöhle, ist mit Fett gefüllt; in diesem liegen Gefäße und Nerven).

Denkt man an den ganzen vom osteofibrösen Becken eingefaßten Raum, so kann man mit Recht sagen, der Damm liege innerhalb des „Beckens“. Denkt man dabei an den Innenraum, **Cavum peritonaei**, so ist das unrichtig; denn der Damm liegt außen von ihm. Es ist nötig, im Einzelfall sich klar zu machen, was mit dem vieldeutigen Namen „Becken“ gemeint ist. Die lateinischen Namen lassen keinen Zweifel zu.

Beckenpforten (Hernie und Prolaps)

Infolge der mosaikartigen Zusammensetzung der Wandung des Bauch- und Beckenzylinders ist eine Reihe von Stellen besonders nachgiebig, Loci minoris resistentiae. Muskeln grenzen hier aneinander, oder Gefäße, Nerven und Ausführungsgänge der Geschlechtsorgane treten zwischen den Rändern der Muskel- und Bändergrenzen oder Muskel- und Knochengrenzen hindurch. Solche Stellen sind als Pforten für Brüche oder pathologische Ergüsse (Eiter, Blut usw.) prädisponiert. Sie stehen in der Norm nicht offen, sondern die Pforte ist nur potentia angelegt;



ihre Eröffnung gehört immer zum Pathologischen. Die Anatomie dieser Stellen ist in Hinsicht auf die Bruch- und Entzündungslehre von besonderer Wichtigkeit.

In den Seitenwänden des Bauchzylinders gibt es jederseits Anlagen für 5 Pforten; es sind paarige Loci minores resistentiae. Von diesen liegen jederseits die drei im folgenden zuerst genannten vorn, ventral, die beiden zuletzt genannten hinten, dorsal (Nr. 1—4 sind in Abb. 90 abgebildet, Nr. 1—3 in Abb. 98, Nr. 5 in Abb. 131). Es sind: 1. der Leistenkanal, Canalis inguinalis, oberhalb des Leistenbandes (S. 189); 2. die Lacuna musculorum, unterhalb des Leistenbandes, außen von dem Lig. iliopectineum (S. 193); 3. die Lacuna vasorum, unterhalb des Leistenbandes, innen von dem Lig. iliopectineum. Ein Teil von ihr, am weitesten medial, ist der Schenkelkanal, Canalis femoralis (S. 193). 4. Die obere Lumbalpforte, subkostaler Schlitz zwischen Lig. lumbocostale und 12. Rippe (S. 167). 5. Die untere Lumbalpforte, Trigonum lumbale Petiti, zwischen Beckenrand, Latissimus und Obl. abd. ext. (S. 174).

Außer diesen 5 paarigen Loci minoris resistentiae sind in der Mittellinie des Bauches noch eine oder mehrere unpaare gegeben; konstant ist der Nabelring, Anulus umbilicalis, die inkonstanten liegen zwischen den sich überkreuzenden Fasern der Rektusscheiden (S. 175). Von den Loci minoris resistentiae im Deckel des Bauchzylinders ist hier abgesehen (Zwerchfell, S. 196).

Im Beckenzylinder gibt es 4 paarige Anlagen für Pforten jederseits, eine ventrale und drei dorsale (Abb. 90). Sie heißen 1. Canalis obturatorius, zwischen

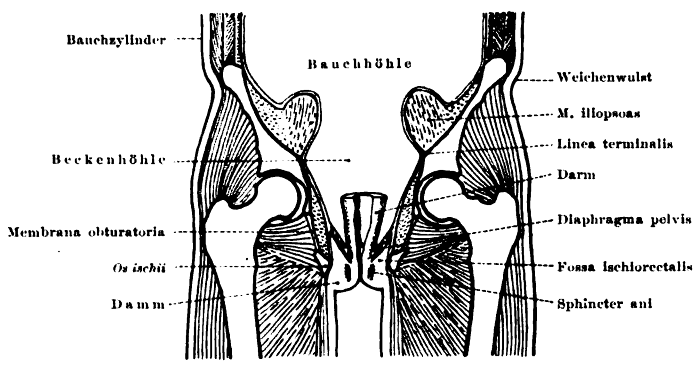


Abb. 235. Boden des großen und kleinen Beckens. Halbschematischer Frontalschnitt durch den in Abb. 107 u. a. abgebildeten Muskeltorso.

Membrana obturatoria und oberem Schambeinast (vgl. S. 467). 2. Foramen suprapiriforme im Foramen ischiadicum majus oberhalb des M. piriformis (S. 464). 3. Foramen infrapiriforme im Foramen ischiadicum majus, unterhalb des M. piriformis (S. 464). 4. Foramen ischiadicum minus zwischen Ligamentum sacrotuberosum und Lig. sacrospinosum (S. 463). Die 4. Pforte führt nicht in das Cavum peritonaeale pelvis, sondern zum Damm (Fossa ischiorectalis, Abb. 235).

Außerdem gibt es im Diaphragma pelvis unpaare Loci minoris resistentiae besonderer Art. Der Darm (Abb. 235) und die Geschlechtsorgane sind so in den Beckenboden eingelassen, daß neben ihnen keine Lücke frei bleibt. Sie verhalten sich wie der Ösophagus zum Zwerchfell; nur ist der Verband durch übertretende Muskeln noch viel inniger als dort. Die Eingeweide können sich also höchstens durch die natürlichen Öffnungen nach außen um- und vorstülpen, falls die Widerstände der Wandungen abnorm sinken. Man nennt dies Prolaps. Die oben beschriebenen Pforten in der Seitenwand des großen und kleinen Beckens liegen sämtlich in einer Zone, welche man sich als breites Band horizontal um das Becken herumgelegt denken muß (Abb. 90). Daher neigen in krankhaften Fällen alle in tieferen Niveaus liegenden Eingeweide des kleinen Beckens zum Prolaps aus den natürlichen Öffnungen (Anus, Vagina); nur die oberhalb und im Niveau der Pforten liegenden Eingeweide beteiligen sich an den Brüchen (Hernien), die durch jene Pforten austreten können; bei letzteren quillt eine Darmschlinge vor, ohne sich umzustülpen.

Die Festigkeit der Beckenkonstruktion beruht auf folgendem. Beim aufrechtstehenden Menschen liegen die Drehpunkte der Arme in den Schultergelenken, das Promontorium und die Drehpunkte der Beine in den Beckenarchitektur im Stehen

Hüftgelenken in einer senkrechten Ebene (Abb. 1 a). Das Becken hat in dieser Ebene die Form eines Tonnengewölbes, welches die Last des Oberkörpers trägt und auf beide Oberschenkel verteilt (Abb. 236). Jedes Bein erhält beim Stehen auf beiden Beinen die Hälfte der Oberkörperlast zugewiesen. Das Gewölbe ist aus den beiden Hüftbeinen und dem Kreuzbein zusammengesetzt; außerdem aber ist der Gewölbefuß durch die Schambeine in der Schoßfuge so zusammengehalten, daß die Last des Oberkörpers, welche die Pfeiler auseinanderzudrängen sucht, hier einen Gegenhalt findet. Ähnliches sehen wir gelegentlich bei Tonnengewölben von Kirchen angewendet; die Spannung ist durch Horizontalbalken vermindert, welche quer durch das Schiff am Beginn der Decke gezogen und mit dem Gewölbefuß verklammert sind. Der Schambeinbogen liegt allerdings beim aufrechtstehenden Menschen nicht in der gleichen Ebene wie der Bogen des Tonnengewölbes (deshalb in Abb. 236 punktiert eingezeichnet); aber so wie *vor* der Ebene des Gewölbes eine Verklammerung durch die Verbindung der knöchernen Schambeine statt hat, so *hinter* der Ebene durch die Haftbänder zwischen Sitzbein und Kreuzbein (Lig. sacrotuberosum und Lig. sacrospinosum). Innerhalb des ganzen Gewölbesystems herrscht Zugspannung; denn durch die Art, wie das Kreuzbein zwischen die Hüftbeine eingespannt ist, wird das Kreuzhüftgelenk wesentlich gedehnt, und durch den gleichen Mechanismus wird von beiden Seiten her an der Schoßfuge gezogen. Der Beckenring ist durch diese Anordnung in sich gespannt wie ein Hut, welchen der Hutmacher durch das bekannte Instrument, mit dem er die Kopfweite vergrößert, *von innen her* dehnt. Dieser Spannung wirken die beiden Femurköpfe mit dem gleichen Gegendruck von außen entgegen. Die Last des Oberkörpers, welche sich in der Dehnung der drei Beckenfugen äußert, ist die gleiche Kraft, welche den Gegendruck der Beine im Hüftgelenk erzeugt. So muß bei genügend starren Knochen Gleichgewicht herrschen. Die federnde Spannung des Ganzen gibt dem Becken eine große Sicherheit und dem Gang seine Elastizität. Beckenbrüche durch indirekte Gewalt sind verhältnismäßig selten. Man hat das Becken bei Leichen mit Gewichten bis zu $2^1/_2$ Doppelzentner belastet, ohne daß es brach.

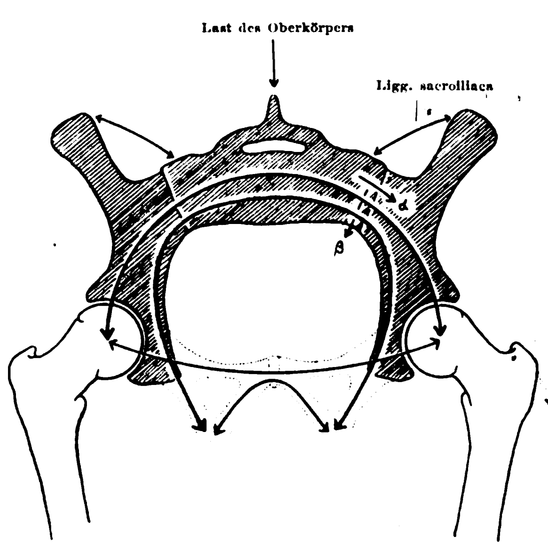


Abb. 236. *Gewölbekonstruktion des Beckens.* Sägeschnitt in der senkrechten Körperebene (siehe Abb. 1 a). Die *schwarze* Halbkreislinie entspricht der Belastung der Schenkelköpfe im *Stehen*, die *rote Hufeisenlinie* der Belastung der Sitzknorren im *Sitzen*. Querspannung für die Schenkelköpfe *schwarz*, für die Sitzknorren *rot*.

Becken-architektur im Sitzen und in Zwischen-stellungen

Im Sitzen ruht das Becken auf den Sitzbeinknorren (Abb. 237). Der Gewölbefuß ist gesichert durch die Querspannung der unteren Scham- und Sitzbeinäste, die sich in der Schoßfuge vereinigen. Da in der Symphyse die Spannungen der Beckenarchitektur zusammenlaufen (schwarze und rote Konstruktionslinien, Abb. 236), so ist bei Störungen des Zusammenhaltes der Schoßfuge, die angeboren oder durch nachträgliche Lockerung vorkommen, weder Stehen noch Sitzen möglich, obgleich die Schoßfuge selbst nicht unmittelbar belastet ist.

Außer den Normalstellungen beim Stehen und beim Sitzen gibt es zahlreiche Zwischenstellungen, bei welchen das Becken in der verschiedensten Weise schräg geneigt steht, um das Gleichgewicht des Körpers auf zwei Beinen oder einem Bein (Standbein) zu unterstützen. In diesen Stellungen liegt das Tonnengewölbe nicht in der Richtung, in welcher die Oberkörperlast wirkt; jedes Hüftbein ist vielmehr nach Art eines schräg stehenden Wagebalkens beansprucht, welcher im Hüftgelenk drehbar ist (Abb. 231, rot schraffierte Partie). Hinten lastet das Gewicht des Oberkörpers, vorn das Gegengewicht der Bänder und Muskeln der Hüfte auf der Wage. Der Hüftknochen ist in dieser Richtung besonders dick; man nennt die vordere Partie Schambeinbalken (oberer Schambeinast). Beim Sitzen stützt sich das Becken auf den Sitzbalken (oberer Sitzbeinast), welcher beim Sitzen senkrecht steht, in die Richtung der Belastung hineinfällt und deshalb besonders wirksam ist.

Der ventrale Beckenteil kann beim menschlichen Fötus durch angeborenen Defekt verkümmert sein; die Harnblase prolabiert in der ventralen Spalte (Ectopia vesicae). Bei den meisten Vögeln ist der mangelnde Verschluß des knöchernen Beckens normal. Dafür ist die Verklammerung der Hüftbeine mit dem Kreuzbein ausgedehnter als bei Säugern (S. 455) und eine Art Ausgleich für die mangelnde Schoßfuge. Der Oberkörper balanciert auch nicht auf den Hüftgelenken im labilen Gleichgewicht, sondern das Becken hängt in den Hüftgelenken wie eine Schaukel (S. 130). Für den dauernd aufrechten Gang, der Mensch und Vogel allein zukommt, ist das Vogelbecken ein Gegenbeispiel dafür, wie wichtig die Verklammerung des Beckens in der Schoßfuge für das labile Gleichgewicht des Menschen ist. Im Liegen ist die Symphyse nicht gedehnt. Man braucht deshalb nach der Pubotomie keinen Druckverband anzulegen, denn die Knochen legen sich von selbst aneinander.

Abb. 237. Becken im Sitzen. Conjugata vera gestrichelt. Sie steht viel flacher als in Abb. 231. Horizontallinie ausgezogen (mit Benutzung einer Abbildung bei Fick, Bd. III, S. 497).

Abnorme Beckenform als Folge der Belastung

Ist der Knochen pathologisch erweicht (Rachitis, Osteomalazie), so dellen die Oberschenkelköpfe das Becken ein, wie wenn es aus Wachs wäre. Der Beckenring wird herz- bis kleeblattförmig. Das Lumen kann zwischen den Oberschenkelköpfen bis zur Unpassierbarkeit für den kindlichen Kopf verengt sein (absolutes Geburtshindernis). Beim rachitischen Becken par excellence kann das knöcherne Gerüst so stark kollabieren, daß die beiden oberen Schambeinäste parallel zueinander stehen und daß die Schoßfuge schnabelförmig nach vorn vorgeschoben wird (quer verengtes Becken). In anderen Fällen gibt besonders das Promontorium unter der Belastung durch den Oberkörper nach und sinkt in das Innere des Beckens ab, so daß es nicht mehr in einer Horizontalebene ca. $9^1/_2$ cm oberhalb des oberen Randes der Symphyse steht wie in der Norm (Abb. 1 b), sondern im Niveau der Schoßfuge selbst oder tiefer. Dadurch wird der Abstand zwischen Symphyse und Promontorium verkürzt. Auf diese Weise kann das „platte rachitische Becken" entstehen, bei welchem die Sagittalachse des Beckens im Verhältnis zur Querachse verkleinert ist.

Die Stellung des Promontoriums ist auch in der Norm wechselnd. Beim Kind und bei solchen Erwachsenen, deren Wirbelsäule dem kindlichen Habitus nahe bleibt (Weib), steht das Promontorium etwas höher und der Angulus lumbosacralis ist gestreckter als sonst. Der Unterschied beträgt etwa eine Wirbelhöhe. Dementsprechend schwankt die Länge der Conjugata vera (s. u.) um $^1/_2$ cm bei beiden Geschlechtern.

Durch Entwicklungshemmung kann die Pars lateralis des Kreuzbeins ein- oder doppelseitig ausfallen (kostale Komponente, S. 86). Das Becken ist dann schräg oder quer verengt. Entzündliche Prozesse, welche die Frühentwicklung der Articulatio sacroiliaca beeinflussen, führen meist zu einseitigen Synostosen und deshalb zu einem schräg verengten Becken („Nägelebecken").

Die definitive Form des abnormen Beckens ist die Resultante aus den Belastungseinflüssen der aufrechten Körperstellung und der veränderten Wachstumsenergie des Beckenringes, welcher bei Synostose der Gelenkfuge gleichsam einen toten Punkt enthält. Ähnliche Prozesse führen beim Schädel zu charakteristischen Asymmetrien. Die Folgen für die Beckenmaße sind praktisch besonders wichtig.

Ausgleich von Belastungen, Knochenbrüche

Die drei Beckenfugen können sehr wohl unter Druck anstatt unter Dehnung gesetzt werden, besonders beim Stehen auf einem Bein. Übermäßige Druckbelastung (Stöße) suchen wir beim Sprung durch Aufsetzen beider Füße zugleich zu mildern. Auch die Hüft- und Kniegelenke werden benutzt, um den Stoß auf das Becken zu bremsen. Auf diese Weise wird gewöhnlich ein Bruch des Beckens durch indirekte Gewalt verhindert. Bricht es dennoch durch Kräfte, die es im ganzen treffen, so beweist der gleichzeitige Bruch des oberen und unteren Schambeinastes, wie wichtig diese Gegenbögen der Gewölbearchitektur des Beckens sind (Abb. 236). Direkte Absplitterungen vom Knochen durch brüske Stöße, welche das Becken an Stellen unmittelbar unter der Haut treffen, sind weniger selten. Sie können für die Eingeweide im Innern verhängnisvoll werden, weil oft Splitter nach innen losplatzen (Schambein- und Sitzbeinsplitter), ohne daß der Knochen äußerlich stark verletzt ist. Auch darin gleicht das Becken dem Schädel.

Geschlechtsunterschiede des Beckens

Die Architektur des knöchernen Beckens ist außer für die Festigkeit auch für die Weite des Beckenkanals maßgebend und damit für die Maße des Beckens im allgemeinen verbindlich. Bei der Passage des kindlichen Kopfes durch den Beckenkanal ist ein Ausweichen der Weichteile des Gesamtbeckens und des Beckeninhaltes nur so weit möglich, als das knöcherne Becken Spielraum läßt. Die Maße sind nach den Geschlechtern verschieden. Doch gibt es keinen absoluten Unterschied zwischen dem männlichen und weiblichen Becken. Wie bei allen Knochen hängen die Maße von der Gesamtgröße und dem Gesamthabitus des Individuums ab. Es gibt Frauen, deren Beckenmaße in die Variationsbreite des männlichen Beckens hineinfallen und umgekehrt. Durchschnittlich ist jedoch der natürliche Habitus bei den Geschlechtern sehr merkbar verschieden (Abb. 238).

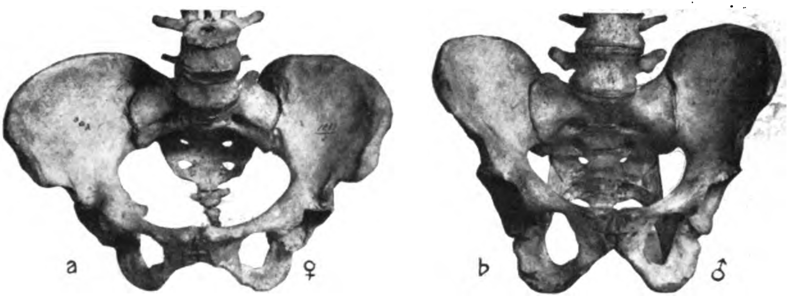


Abb. 238. a) weibliches, b) männliches Becken.

Man merkt sich am besten drei allgemeine Anhaltspunkte für die Geschlechtsmerkmale des Beckens. Zu diesem Zwecke denkt man sich schematisch das männliche und weibliche Becken aus dem gleichen Kegel herausgeschnitten (Abb. 239 II). Erstens liegt das männliche Becken mehr der Spitze des Kegels zu als das weibliche; die Seitenwände beider Kegelstücke sind daher gleich stark geneigt und stehen parallel zueinander (Abb. I). Zweitens ist das männliche Becken ein Kegelausschnitt von größerer Höhe als das weibliche. Daraus folgt, daß das weibliche Becken relativ weiter und niedriger als das männliche ist, daß speziell sein Schambeinwinkel größer ist, und daß das Foramen obturatum mehr Platz hat (es ist beim Weib breit und dreieckig, beim Mann längsoval). Der Schambeinwinkel, Angulus pubis, beträgt beim Mann durchschnittlich 75 Grad, bei der Frau 90—100 Grad.

Drittens ist die Stellung der Köpfe der Femora zum Schaft durch die Sexualcharaktere des Beckens beeinflußt. Der Hals des Femur steht bei beiden Geschlechtern senkrecht auf der seitlichen Beckenwand. Nehmen wir an, die Knie lägen bei einem männlichen und weiblichen Individuum in etwa gleichem Abstand vom Hüftgelenk (Abb. I), so ist bei breitem Becken (Weib) der Winkel, welchen der Schaft mit der Vertikalen bildet, größer als bei schmalem Becken (Mann). Der Winkel zwischen Hals und Schaft des Femur, Kollodiaphysenwinkel, ist beim Weib ein Rechter (b), beim Mann stumpf (a).

Die Geschlechtsunterschiede werden erst deutlich zur Zeit der Pubertät. Werden die Ovarien entfernt, so bleibt das Becken asexuell oder die Geschlechtsmerkmale treten stark abgeschwächt auf.

Beckenmessung

Für eine genauere Bestimmung der Sexualcharaktere und der individuellen Beckenform sind die Meßzahlen des knöchernen Beckens das beste Hilfsmittel. Für das große Becken ist die Veschiedenheit des Höhenbreitenindex, welche in Abb. 239 schematisch zum Ausdruck gebracht ist, fast der einzige brauchbare Geschlechtsunterschied. Alle anderen Maße betreffen das kleine Becken. Sie sind besonders wichtig für die Geburtshilfe. Man nennt den größten Abstand der Knochen in der Medianebene des Körpers Konjugata (Diameter recta), den größten Abstand in der Frontalebene Diameter transversa und in einer schrägen Ebene zwischen Sagittal- und Frontalebene Diameter obliqua (Abb. 240). Am wichtigsten sind die Maße für den Eingang des kleinen Beckens, weil die Linea terminalis nur aus Knochen und Knochenfugen besteht. Der sagittale Abstand des Promontorium vom oberen Rand der Symphyse, Conjugata vera, mißt beim Mann durchschnittlich 115 mm, bei der Frau 117 mm. Er ist annähernd das kleinste Maß des Beckeneinganges und seine Verkleinerung praktisch das wichtigste Geburtshindernis. Die mathematisch kürzeste Entfernung der Knochen pflegt die Verbindung des Promontorium mit einem etwas tieferen Punkt des Schambeins zu sein. Doch fällt die geringe Differenz in die Variabilitätsbreite der Spuren von Beweglichkeit des Beckenringes in sich. Die Diameter transversa und die D. obliqua des Beckeneinganges sind größer und werden deshalb weniger leicht für die Geburt verhängnisvoll als die Conjugata vera (Maße der Diameter transversa bei der Frau im Durchschnitt 13,5 cm, der Diameter obliqua 12 cm). Die Conjugata vera ist aber auch das kleinste Maß aller übrigen Konjugatae des kleinen Beckens. Man nennt die Ebene, welche durch den unteren Rand der Symphyse und die Steißbeinspitze im gleichen Abstand von den Sitzbeinknorren gelegt wird, Beckenausgang, und die Ebene, welche ebenso durch die Mitte der Symphyse und die Mitte des Kreuzbeins geht, Beckenweite. Halbiert man die Conjugatae des Beckeneinganges, -ausganges und der Beckenweite, so ist die Verbindungslinie der Mittelpunkte die Führungslinie des kleinen Beckens, Axis pelvis; ihr muß der Mittelpunkt des kindlichen Kopfes bei der Durchtreibung durch den Beckenkanal folgen. Da der sagittale Durchmesser des Kopfes größer zu sein pflegt als sein Querdurchmesser, so bewegt er sich im Absteigen in einer Spiraltour. Beim Eintritt in das Becken steht er quer, da die Diameter transversa dort die größte Distanz ist (siehe oben). Im Vorrücken nach unten stellt er sich schräg, weil im Innern des Beckens der schräge Durchmesser größer als der quere wird. Die Konjugata des Beckenausganges ist kleiner als die Conjugata vera (durchschnittliches Maß für beide Geschlechter 9 cm); da aber das Steißbein durch den kindlichen Kopf nach hinten

Abb. 239. Linienschemata des männlichen und weiblichen Beckens. Die charakteristischen Unterschiede übertrieben, I. Die beiden Kegelausschnitte aufeinander gezeichnet, mit den Oberschenkelknochen (Fortsetzung zum Knie gestrichelt). II. Die beiden Kegelausschnitte so untereinander gestellt, wie sie in der gemeinsamen Kegelfigur stehen; jedes mit Schambeinausschnitt (Angulus pubis) und Foramina obturata.

um 2—2,5 cm verdrängt werden kann, so ist für die Geburtshilfe die Conjugata vera am wichtigsten.

Bestimmung der Conjugata vera an der Lebenden

Man kann die Conjugata vera bei der lebenden Frau nicht direkt messen; dagegen kann man von der weiblichen Scheide aus feststellen (Tuschieren), wie weit das Promontorium vom unteren Schambeinrand (von dem leicht fühlbaren Ligamentum arcuatum) entfernt ist: Conjugata diagonalis (Abb. 240). Indirekt (durch Abzug von $1^1/_2$—2 cm) läßt sich die Conjugata vera aus der Conjugata diagonalis bestimmen. Die Conjugata diagonalis der Frau mißt durchschnittlich 129 mm, die des Mannes 131 mm. Die Distanz beim Mann ist größer wegen der größeren relativen Höhe seines Beckens (Abb. 239). Der Abstand der Hautfalte zwischen Daumen und Zeigefinger von der äußersten Spitze der Finger des Mannes beträgt durchschnittlich 13 cm. Ist also die Distanz der Beckenknochen in der Conjugata diagonalis nicht geringer als ca. 13 cm, so wird die Fingerspitze des Arztes beim Tuschieren das Promontorium gerade oder nicht ganz erreichen, während beim verengten Becken und bei tiefstehendem Promontorium der Finger leichter bis zu letzterem vorgeschoben werden kann.

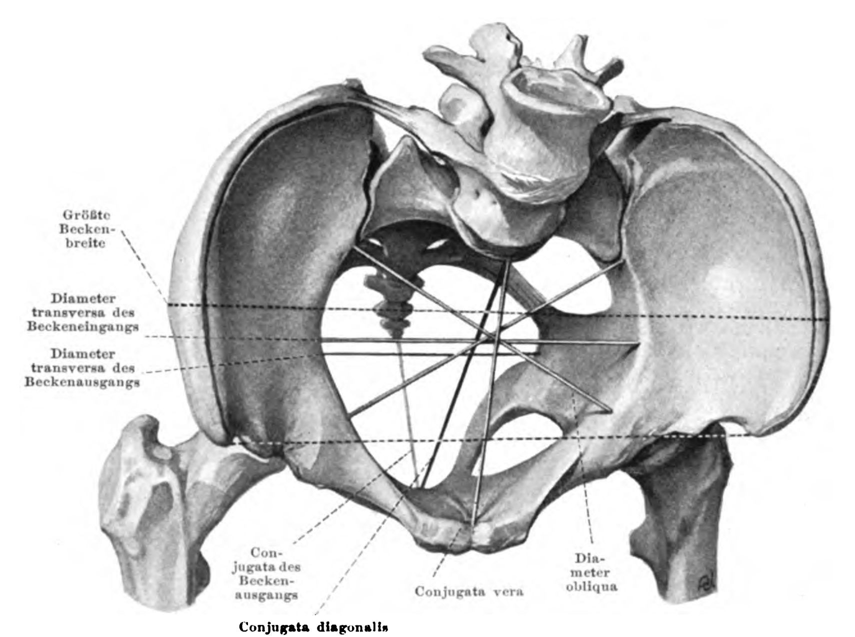
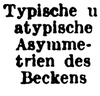


Abb. 240. Meßlinien eines jugendlichen weiblichen Beckens. Die schrägen Durchmesser schneiden sich neben der Conjugata vera (typische Asymmetrie) und hinter der Diameter transversa.

Die übrigen Messungen, welche bezwecken, die Conjugata vera indirekt zu bestimmen, sind viel unsicherer. Gebräuchlich ist die Conjugata externa (s. Diameter Baudeloquii). Sie verbindet den oberen Rand der Symphyse mit der Spitze des 5. Lendendorns (Abb. 229). Statt dessen wird auch eine Linie von der Symphyse zur Spina iliaca posterior superior benutzt u. a. m. Die äußerlich am leichtesten bestimmbaren Abstände der vorderen oberen Darmbeinstacheln und Darmbeinkämme (größte Beckenbreite und vordere obere Spinalbreite, Abb. 240) geben die unsichersten Maße für die Geburtshilfe, da keine feste Relation zwischen der Größe und Lage der Hüftbeinflügel und der Form des kleinen Beckens besteht.

Wegen anderer Maße des Beckens sei auf die Tabellen der anthropologischen und der geburtshilflichen Literatur verwiesen.


Typische u atypische Asymmetrien des Beckens

Bei einer so fest gefügten Form wie dem Becken sind — ähnlich beim Kopf — Asymmetrien besonders merkbar. Sie sind regelmäßig vorhanden, da unser ganzer Körper nie ganz symmetrisch gebaut ist. Gewöhnlich ist das linke Bein um 10 bis 13 mm länger als das rechte, weil es als Standbein bevorzugt wird und deshalb einem wachstumsfördernden Überdruck ausgesetzt ist. Es ist eine in pathologischen Fällen bekannte Erscheinung, daß das Becken schräg deformiert wird, wenn es ein-

seitig stärker belastet ist (bei Verkürzung eines Beines oder bei rein funktioneller Ausschaltung des schmerzenden Gliedes infolge von Hüftgelenksentzündung): skoliotisches Becken (Abb. 241). Die Symphyse steht hier außerhalb der Medianebene, die Beckeneingangsebene ist schräg verzerrt und die Linea terminalis auf der linken Seite abgeflacht, auf der rechten stärker gekrümmt. Das gleiche, wenn auch in sehr abgeschwächtem Maß, zeigt das normale Becken (Abb. 107; das Promontorium ist nach rechts, die Symphyse nach links von der Medianebene verschoben). Mit den Asymmetrien des Beckens hängen seitliche Verbiegungen der normalen Wirbelsäule gegen die Medianebene zusammen (Abb. 83). Auch für diesen Zusammenhang finden wir in der menschlichen Pathologie gleichsam Naturexperimente, da sich an Beckenskoliosen in gesetzmäßiger Weise Brustskoliosen und umgekehrt anschließen. Wegen der Asymmetrie des normalen Beckens stellt sich der Kopf des Kindes bei der Geburt mit Vorliebe in die linke Diameter obliqua (Hinterhaupt gegen die linke Schenkelpfanne gerichtet).

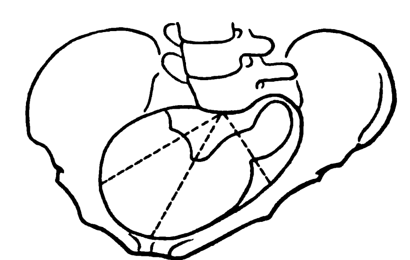


Abb. 241. Skoliose des Beckens, pathologisch (aus Strasser, Bd. III, S. 391). Die Verbindungslinie zwischen Promontorium und Eminentia iliopectinea ist rechts viel länger als links.

3. Die Hüft- und Gesäßmuskeln als aktive Bewegungsfaktoren.

a) Übersicht über die genetische Gruppierung (Tabelle) und über die Richtung der Bewegungen in der Hüfte (Nomenklatur).

Die Gesamtmuskulatur der unteren Extremität ist aus ventralen Teilen der Ursegmente (Myotome) entstanden (Abb. 5). In der Entwicklung des Menschen ist das Muskelblastem der Ausfluß von anfänglich 5 Myotomen (Abb. 24°). Später kommt noch Material von zwei weiteren Ursegmenten hinzu; denn die fertige Gliedmaße beherbergt Abkömmlinge von 4 lumbalen und 3 sakralen Segmenten, wie aus der Versorgung durch die Nerven dieser Segmente hervorgeht (L 2—L 5 und S 1—S 3). Autochthone Beinmuskeln

Das Blastem in der Gliedmaßenknospe, aus welchem die gesamte Muskulatur hervorgeht, entspricht lediglich den autochthonen Muskeln der vorderen Extremität (S. 32). Die zonalen Muskeln (thorakale und kraniale Gruppe), welche bei der Schulter zu so reicher Entfaltung kommen, fehlen beim Becken völlig. Die Verfestigung des Beckenringes in sich macht ähnliche Bewegungsapparate unmöglich. Das Becken ist eine knöcherne Schranke zwischen den Teilen der einst einheitlichen Maße der Stammuskeln geworden (Abb. 51). Die autochthone Muskulatur der unteren Extremität zeigt nur geringe Tendenz, sich über den Beckengürtel hinaus vorzuschieben, trunkopetal (Abb. 9, Psoas; derartige Muskeln sind bei der Schulter häufig und führen selbst bis zu Anheftungen an das Becken, Latissimus dorsi). Es kommt auch hier die Festigkeit des Beckenringes zum Ausdruck, welcher allen Eigenmuskeln der Gliedmaße genügenden Halt bietet, während umgekehrt bei der vorderen Extremität die Wirbelsäule, der Schädel, ja das Becken von den Muskeln aufgesucht werden, weil sie einen besseren Halt als der in sich bewegliche Schulterapparat geben.

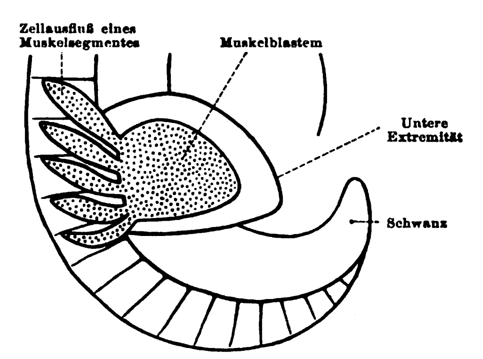


Abb. 242. Muskelanlagen der unteren Extremität, menschlicher Embryo der 3. Woche (aus Gräfenberg, Anat. Hefte 1904, S. 438).

Wir können die Muskeln, welche aus dem einheitlichen Blastem der embryonalen Anlage des Beines hervorgehen, in dorsale und ventrale Muskeln einteilen. Wie der Bizeps und Trizeps am Oberarm unveränderte Dorsale und ventrale Hüftmuskeln

Repräsentanten dieser scharf geschiedenen autochthonen Muskelhauptgruppen sind, so am Oberschenkel die Streck- und Beugemuskeln (Abb. 277, rot und blau). Aber hier ist doch die Unterscheidung schon schwieriger, weil eine Gruppe von Muskeln, die Adduktoren (grün), an der Innenseite des Oberschenkels eingeschoben sind; vollends am Becken ist die Scheidung in dorsale und ventrale Muskeln innerhalb der Muskulatur selbst nicht erkennbar. Wir richten uns nach der Innervation und nach dem Skelett. An letzterem unterschieden wir dorsal das Darmbein und ventral das Scham- und Sitzbein. Die Muskeln, welche vom Darmbein entspringen, gehören entsprechend zur dorsalen Hauptgruppe (Tab. Nr. 1—9), diejenigen, welche vom Schambein, Sitzbein und der Membrana obturatoria entspringen, gehören zur ventralen Hauptgruppe (Tab. Nr. 10—17).

Hüft- und Gesäßmuskeln.

(Insertionen am Femur, mit Ausnahme des Grazilis Nr. 17.)

o = Ursprung (origo); i = Insertion (insertio).

A. Vordere Gruppe der dorsalen Hüftmuskeln (ursprüngliche Insertion am Trochanter minor).

1. M. psoas major (S. 487).
   o: Seitenflächen des 12. Brust- und 1.—4. Lendenwirbelkörpers, Processus laterales des 1.—5. (4.) Lendenwirbels.
   i: Trochanter minor.
2. M. psoas minor (inkonstant) (S. 490).
   o: Seitenflächen des 12. Brust- und 1. Lendenwirbels.
   i: Pecten ossis pubis, Übergang in die Faszie des Psoas major (Ligam. iliopectineum).
3. M. iliacus (S. 490).
   o: Darmbeingrube bis zur Linea terminalis, Spina iliaca anterior inferior, vordere Kapsel des Hüftgelenkes.
   i: Trochanter minor und angrenzende Partie des Corpus femoris (Linea aspera).
4. M. pectineus (siehe ventrale Hüftmuskeln Nr. 16) (S. 492, 517).

B. Hintere Gruppe der dorsalen Hüftmuskeln (ursprüngliche Insertion am Trochanter major): Gesäßmuskeln.

5. M. piriformis (S. 492).
   o: Facies pelvina des Kreuzbeines, lateral von den Foramina sacralia anteriora II.—IV., Kapsel der Articul. sacroiliaca, ein wenig auf das Os ilium übergreifend, oberer Rand der Incis. ischiadica major.
   i: Innenseite der Spitze des Trochanter major.
6. M. glutaeus minimus (S. 494).
   o: Außenfläche des Darmbeines zwischen Linea glutaea anterior superior et inferior.
   i: vordere, obere Fläche der Außenseite der Trochanter major.
7. M. glutaeus medius (S. 497).
   o: Außenfläche des Darmbeines zwischen Linea glutaea anterior, Linea glutaea posterior und Darmbeinkamm, Fascia coxae oberhalb des M. glut. maximus.
   i: laterale und obere Fläche der Außenseite des Trochanter major bis zur hinteren freien Spitze.
8. M. tensor fasciae latae (S. 498).
   o: Darmbeinkamm nahe der Spina iliaca anterior superior; gemeinsame Ursprungsaponeurose mit den Mm. glutaei medius et minimus.
   i: vor dem Trochanter major an der Fascia lata, vermittels des Tractus iliotibialis (Maissiati) am Condylus lateralis tibiae.
9. M. glutaeus maximus (S. 500).
   o: Darmbein hinter der Linea glutaea superior, Seitenrand des Kreuzbeines, Fascia lumbodorsalis, Steißbein, Ligamentum sacrotuberosum.
   i: obere Bündel an Fascia lata, Übergang in den Tractus iliotibialis; untere Bündel an Tuberositas glutaea femoris.

C. Ventrale Muskeln der Hüfte (inkl. Adduktoren des Oberschenkels).

10. M. obturator internus cum gemellis (S. 505).
    o: Innenfläche des Hüftbeines unterhalb der Linea terminalis (am Scham-, Darm-

und Sitzbein) um das Foramen obturatum herum und an der Membrana obturatoria.
i: Fossa trochanterica.
M. gemellus superior:
o: Sitzbeinstachel.
M. gemellus inferior:
o: Sitzbeinhöcker.
11. M. quadratus femoris (S. 507).
o: lateraler Rand des Tuber ischiadicum.
i: von der Crista intertrochanterica abwärts auf die Tuberositas glutaea zu.
12. M. obturator externus (S. 507).
o: mediale Knochenumrahmung des Foramen obturatum (Sitzbein, Schambein), Membrana obturatoria.
i: Fossa trochanterica, Gelenkkapsel.
13. M. adductor magnus (und M. adductor minimus) (S. 508).
o: Vorderfläche des unteren Schambeinastes und des unteren Sitzbeinastes, Tuber ischiadicum.
i: mediale Lippe der Linea aspera mittels Sehnenbögen, hinter dem Trochanter major beginnend und am distalen Drittel des Femur endigend; verwachsen mit den Endsehnen der oberflächlichen Adduktoren und mit der Aponeurose des Vastus medialis. Mittels kräftiger Sehne am Epicondylus medialis femoris.
14. M. adductor brevis (S. 513).
o: Vorderfläche des Schambeines, bedeckt vom Ursprung des Add. longus und Gracilis.
i: oberes Drittel der medialen Lippe der Linea aspera, hinter Add. longus und Pectineus, verwachsen mit der Sehne des Add. magnus.
15. M. adductor longus (S. 514).
o: Körper des Schambeines und Faserknorpel unterhalb des Tuberculum pubicum.
i: mittleres Drittel der medialen Lippe der Linea aspera, verwachsen mit den Sehnen des Add. magnus, brevis und mit der Aponeurose des Vastus medialis.
16. M. pectineus (S. 517, 492).
o: Pecten ossis pubis, Tuberculum pubicum, Ligamentum pubicum superius.
i: proximaler Abschnitt der Linea aspera, hinter Trochanter minor und distal von ihm (Linea pectinea).
17. M. gracilis (S. 518).
o: Vorderfläche des absteigenden Schambeinschenkels nahe der Symphyse.
i: Tuberositas tibiae, Fascia cruris (zwischen Sartorius und Semitendinosus).

Die Extremitätenmuskeln, welche ihren Ursprung am Becken haben, überspringen keineswegs alle nur das Hüftgelenk, sondern es gibt auch zweigelenkige Muskeln, welche das Hüft- und Kniegelenk überspringen. Die ersteren inserieren am Femur, die letzteren am Unterschenkel. Geradeso wie bei der oberen Extremität die Insertion am Humerus das Kennzeichen war für die eigentliche Schultermuskulatur, so ist hier die Insertion am Femur das Merkmal für das, was wir Hüftmuskel nennen.

Die am Unterschenkel inserierenden Muskeln sind, auch wenn sie das Hüftgelenk überspringen, doch wesentlich Oberschenkelmuskeln und werden bei diesen behandelt werden (analog den Oberarmmuskeln bei der vorderen Extremität). Eine Ausnahme ist der M. gracilis (Tabelle Nr. 17), der seiner engen Zugehörigkeit zu den Adduktoren wegen bei ihnen stehen geblieben ist, obgleich er am Unterschenkel und nicht wie alle anderen Adduktoren am Femur inseriert. Der Tensor fasciae latae (Tabelle Nr. 8) ist nur scheinbar eine Ausnahme; er wirkt zwar auf den Unterschenkel, aber nur durch Vermittlung der Bindegewebshülle der Oberschenkelmuskeln (Fascia lata), an welche er sich erst nachträglich angeheftet hat. Die Abspaltung des Tensors von der Anlage der Glutäalmuskeln (Tabelle Nr. 6, 7) und seine Schwenkung zur Faszie hin, an der er später inseriert, ist bei menschlichen Embryonen Schritt für Schritt beobachtet worden.

Wegen der Bezeichnungen „dorsal“ und „ventral“ bei der Extremitätenmuskulatur verweise ich ausdrücklich auf das S. 32 Gesagte.

Die Begrenzung der dorsalen und ventralen Hüftmuskeln gegeneinander, welche ich der Tabelle zugrunde lege, stützt sich auf das Nervensystem (dorsale und ventrale Äste des Nervenplexus der unteren Extremität). Einzelheiten sind kontrovers. Ich halte die hier gegebene Begrenzung der Gruppen für die wahrscheinlichste.



Zwei Untergruppen der dorsalen Hauptgruppe

Eine weitere Ähnlichkeit der Hüftmuskulatur mit der autochthonen Schultermuskulatur ist die Zerlegung der dorsalen Hauptgruppe in eine vordere und hintere Gruppe je nach der Lage zum dorsalen Teil des Skeletts. Wie das Schulterblatt am Schultergürtel eine breite, für die dorsalen Muskeln Platz schaffende Platte geworden ist, so beim Becken die Darmbeinschaufel. Die auf der Vorderseite des Darmbeines liegenden Muskeln (Tab. Nr. 1—4) bilden eine Untergruppe, welche der gemeinsamen Anlage des M. subscapularis, M. teres major und M. latissimus entspricht. Die Untergruppe auf der Hinterseite des Darmbeines (Tab. Nr. 5—9) ist den Muskeln auf der dorsalen Oberfläche des Schulterblattes zu vergleichen (M. supra- und infraspinatus, teres minor und deltoides). Außer dieser allgemeinsten Beziehung der Untergruppen zum Skelett ist für Becken und Schulter im einzelnen gerade charakteristisch, daß die Hüftmuskeln ganz andere Lagen und Formen haben als die Schultermuskeln der entsprechenden Gruppen und Untergruppen. Die ganz anders gerichtete Spezialisierung der Hüfte gegenüber der Schulter tritt darin ebenso scharf hervor wie beim Skelett.

Eine besondere Ausbildung nimmt infolge der aufrechten Körperhaltung die Untergruppe der dorsalen Hüftmuskulatur auf der Hinterseite des menschlichen Darmbeines, die wir Gesäßmuskeln nennen (Tab. Gruppe B). Sie verhindern das Vornüberkippen des Oberkörpers und regulieren auch sonst das Gleichgewicht beim Stehen und Gehen; das Kind lernt bei den Gehversuchen erst allmählich ihren Gebrauch. Die Menschenaffen mit ihren relativ sehr langen Armen (Abb. 3c) stützen sich statt dessen beim aufrechten Gehen mit den Fingerknöcheln auf den Boden auf. Die Stärke des Gesäßes charakterisiert geradezu den Menschen („seule l'espèce humaine a des fesses" Buffon).

Gelenkpunkte, Stellung der Adduktoren im System

Beim Schulterapparat unterscheiden wir drei Gelenke (die beiden Schlüsselbeingelenke und das eigentliche Schultergelenk), aus deren Einzel- oder Zusammenarbeit das schließliche Geschehen resultiert. Dem entspricht beim Becken nur das eine Hüftgelenk. Bei der Schulter kommen ergänzende Bewegungen der Wirbelsäule hinzu. Ebenso sind beim Becken Veränderungen seiner Stellung durch die Wirbelsäule wichtig (hauptsächlich Bewegungen in der Verbindung zwischen 5. Lumbalwirbel und Kreuzbein). Sie betreffen das Becken viel unmittelbarer, als die Schulter und der Arm von der Wirbelsäule beeinflußt werden, weil das Kreuzbein selbst ein Stück Becken ist.

Die Adduktoren an der Innenseite des Oberschenkels (Abb. 277, grün) sind eine Muskelgruppe, welche in dieser Ausbildung der Schulter ganz fremd ist. Der einzige ventrale eingelenkige Muskel, welcher lediglich das Schultergelenk überspringt, ist dort der M. coracobrachialis. Die außerordentliche Spezialisierung der Adduktoren an der Hüfte (Tabelle Nr. 12—17) ist sehr charakteristisch für die ganz andere Aufgabe der Hüftmuskulatur gegenüber der Schultermuskulatur. Im Skelett kommt das darin zum Ausdruck, daß die ventrale Partie des Schultergürtels (Korakoid) besonders stark zurückgebildet, diejenige des Beckengürtels (Pubis, Ischium) besonders stark ausgebildet ist. Die ventralen Muskeln bei jenem sind auf die Brust übergewandert (Pectoralis major und minor), nur der Korakobrachialis hat die primitive Lage beibehalten; bei der Hüfte sind alle analogen Muskeln am Hüftbein selbst befestigt.

Gewöhnlich wird die Adduktorenmuskulatur zusammen mit den Oberschenkelmuskeln beschrieben. Sie gehört aber ganz speziell zum Hüftgelenk und ist von außerordentlicher Bedeutung für die Balancierung des Beckens auf den Femurköpfen. Beim Korakobrachialis reichen meist einige sehnige Insertionsbündel bis zum Epicondylus medialis, also bis an das distale Schaftende des Humerus; die Adduktoren sind in großer Fülle bis an das distale Ende des Femur und — im Grazilis — darüber hinaus bis an die Tibia ausgedehnt.

Stand- und Spielbein

Durch die Hüft- und Gesäßmuskeln werden die Stellungen von Oberschenkel und Becken zueinander verändert. Je nachdem das Becken stehen bleibt und das Bein sich bewegt, Spielbein, oder das Bein feststeht, Standbein, und das Becken sich bewegt oder beides kombiniert wird, ist der Erfolg



verschieden. Die Bewegungen im Hüftgelenk selbst sind aber die gleichen, ob z. B. das Femur gegen das feststehende Becken gehoben oder das Becken gegen das feststehende Femur gesenkt wird.

Namen für Bewegungen des Spielbeines

Schwierigkeiten macht die vielfach übliche Nomenklatur. Ich nenne jede Bewegung des Femur aus der Senkrechten nach vorn bis zur Horizontalen Anteversio, Vorhebung (Gegensatz dazu: Senkung), nach hinten Retroversio, Rückhebung (Gegensatz dazu: Senkung). Die Bewegung nach vorn über die Horizontale hinaus heißt Elevatio (entsprechende Namen für die Schulter, S. 234). Die Namen Ab- und Adductio sind für das Spreizen und Annähern der beiden Oberschenkel, Rotatio ist für die Drehung des Oberschenkels um die eigene Längsachse (Kreiseln) gebräuchlich.

Die dorsalen Muskeln an der Vorderseite: Extensoren und die ventralen Muskeln an der Hinterseite des Oberschenkels: Flexoren werden so genannt, weil sie der Entwicklung nach den gleichnamigen Muskelgruppen am Oberarm entsprechen (Abb. 152). Man muß sich aber darüber klar sein, daß diese Bezeichnungen funktionell lediglich auf das Kniegelenk bezogen werden dürfen. Will man beim Hüftgelenk von Flexion und Extension sprechen, so kann man nur die Bewegung des Oberschenkels nach vorn als Flexion bezeichnen. Obgleich diese Benennung viel benutzt wird, vermeide ich sie ganz. Denn es sind nach der üblichen Bezeichnung auch Extensoren des Oberschenkels an dieser Bewegung beteiligt (Rectus femoris, Sartorius). Diese Muskeln wären für das Hüftgelenk „Flexoren". Eine solche direkt gegensätzliche Bezeichnungsweise öffnet Mißverständnissen Tür und Tor.

Namen für Beckenbewegungen

Beim Becken ändert sich je nach der veränderten Stellung im Hüftgelenk die Neigung zur Horizontalen (Abb. 231). Werden beide Hüftgelenke gleichsinnig und gleich stark beansprucht, so neigt sich das Becken nach vorn oder hinten: Anteversio, Vorneigung, und Retroversio, Rückneigung; es steht im ersten Fall steiler, im zweiten weniger steil. Anteversion des Beckens und Anteversion des Femur sind für das Gelenk gleich, ebenso Retroversion. Erfolgt die Beckenneigung seitlich in einem Hüftgelenk, so kippt das Becken nach der betreffenden Seite: Lateroversio, Rechts- oder Linksneigung; das andere Hüftgelenk kann dabei still stehen, erleidet aber gewöhnlich eine Mitbewegung, weil das betreffende Bein (Spielbein) der Schwere folgt und passiv seine Lage zum Becken ändert. Lateroversio des Beckens und Abduktio des Femur sind identische Gelenkbewegungen. Es gibt auch Drehungen des Beckens um eine Längsachse. Ist es die mediane Längsachse des Körpers, so müssen sehr komplizierte Bewegungen in den Hüft- und Fußgelenken (bei feststehenden Füßen) zusammenkommen, die erst später erörtert werden können. Ist es die Längsachse eines Oberschenkels, welche durch sein Hüftgelenk gelegt wird, so schwingt das Becken, ohne seine Neigung zu ändern, um das betreffende Bein: Ante- oder Retropositio coxae, Vor- und Zurücknehmen der Hüfte. Diese Bewegung kann mit Rotation des Femur identisch sein.

Die Ausdrücke Pro- und Supination, welche von manchen für Drehungen des Beckens (Ante- und Retropositio coxae) und Oberschenkels (Rotatio) gebraucht werden, sind wenig empfehlenswert (S. 320).

Scheinbare Bewegungen im Hüftgelenk

Wenn wir im aufrechten Stehen das Bein nach hinten heben oder den Rumpf gegen das feststehende Bein nach hinten überneigen, so sind das nur scheinbar Bewegungen in den Hüftgelenken; denn in diesen wird durch besondere Kürze der vorderen Kapselwand jede Rückhebung des Oberschenkels oder Rückneigung des Beckens, Retroversio femoris et pelvis, unterdrückt, welche über die beim aufrechten Stehen übliche Stellung von Becken und Oberschenkel zueinander wesentlich hinausgeht. Der Oberschenkel steht beim Stehen im Hüftgelenk nahezu in einer Extremstellung. Es gibt aber trotzdem Muskeln, welche eine Retroversion ausführen könnten, wenn die Verstärkungsbänder die Hüfte frei gäben. Dieser scheinbare biologische Widerspruch



klärt sich sofort auf, wenn wir daran denken, daß Muskeln nicht nur bewegen, sondern auch versteifen und feststellen. Die betreffenden Muskeln spannen mit großer Kraft die entgegenwirkende vordere Kapselwand der Hüftgelenke. Passive und aktive Bewegungsapparate wirken hier wie Sperrad und Gewicht gegeneinander (Abb. 263), wie später noch näher zu erläutern ist, und sichern so dem Becken eine genügende Feststellung auf den Oberschenkeln und damit auf den Beinen überhaupt. Wenn daher bei den einzelnen Muskeln von Retroversion des Beckens oder des Beines die Rede ist, so ist immer nur diese potentielle Fähigkeit gemeint.

Es ist selbstverständlich, daß das vorgehobene Bein oder das vorgeneigte Becken (Anteversio) durch Muskeln, welche potentia zu retrovertieren vermögen, in die Normalstellung zurückgeführt werden (z. B. beim Senken des Oberschenkels aus der Vorhebung gegen einen Widerstand, etwa beim Treppensteigen).

Darmbeinstachel als Marke beim Lebenden

Alle Bewegungen im Hüftgelenk sind im Leben fast ausnahmslos mit Bewegungen der Wirbelsäule oder der Beine und Füße kombiniert. Der Ungeübte kann durchaus nicht immer leicht äußerlich am Lebenden erkennen, ob eine Bewegung im Hüftgelenk oder an einer der anderen mitbeteiligten Stellen, die vikariierend eintreten können, lokalisiert ist. Der Laie pflegt in der Tat fest überzeugt zu sein, daß das Rückheben des Beines im Hüftgelenk der betreffenden Körperseite vor sich gehe, während es in Wirklichkeit gerade dort nicht stattfinden kann, sondern sich aus Kombinationen von Bewegungen an ganz anderen Stellen, z. B. in der Lendenwirbelsäule, erklärt. Dies wird später im Zusammenhang erläutert werden. Man wird sich immer auf das Genaueste informieren müssen, wie Becken und Femur stehen. Dazu dient beim Becken wesentlich der vordere obere Darmbeinstachel (Spina il. ant. sup.), welcher im Leben jeder Zeit leicht zu bestimmen ist (Abb. 86). Je nachdem dieser Stachel in der gleichen Horizontale wie derjenige der Gegenseite und weiter vorn oder weiter hinten als die Schoßfuge steht, ist über Lateroversion, Ante- oder Retroversion des Beckens und über Ante- oder Retroposition einer Hüfte leicht Aufschluß zu gewinnen. Hebt man beispielsweise das Bein nach hinten, so senkt sich zwangsläufig auf der betreffenden Körperseite der vordere Darmbeinstachel.

Daran kann man ohne weiteres an sich selbst feststellen, daß der Oberschenkel im Hüftgelenk nicht retrovertiert werden kann; denn könnte er es, so würden beim Rückheben des Beines das Becken und mit ihm der Darmbeinstachel ruhig stehen bleiben können.

Bei Vor- und Zurücknehmen einer Hüfte (Ante- und Retropositio) kann ein Hebelausschlag des gleichseitigen, im Knie gebeugten Unterschenkels eintreten. Diese Bewegung wird im Hüftgelenk der anderen Körperseite ausgeführt; sie kann für den flüchtigen Beobachter eine Rotation des Femur im Hüftgelenk der gleichen Körperseite vortäuschen. Gibt man auf die Stellung der Darmbeinstacheln acht, so ist ein solcher Irrtum ausgeschlossen. Immer ist es nötig, bei der Untersuchung der Hüftbewegungen den nackten Menschen zu untersuchen, da sonst vikariierende Rumpf- und Beinbewegungen, die weit entfernt vom Hüftgelenk auftreten können, leicht übersehen werden.

Großer Rollhügel als Marke beim Lebenden

Am Bein orientiert man sich über die Lage des Femur an der Stellung des großen Rollhügels, Trochanter major (Abb. 268). Das Hüftgelenk selbst liegt zu versteckt; aber diesen Knochenvorsprung findet man unmittelbar unter der Haut in einer Delle, welche durch das Vorquellen der benachbarten Muskelbäuche zustandekommt (Trochantergrube, Abb. 86, 60). Man kann ihn hier immer leicht fühlen, bei mageren Menschen sogar durch die Haut unmittelbar sehen, und danach wie an einem Zeiger bestimmen, wie der Oberschenkelknochen steht.

Besonders deutlich zeigt bei gebeugtem Knie der Unterschenkel an, ob das Femur im Hüftgelenk rotiert wird oder nicht; denn der Unterschenkel schlägt bei der geringsten Rotation des Femur wie ein Schreibhebel seitlich aus, während

Rotationsbewegungen im Knie oder im Fuß keinen derartigen Hebelausschlag des Unterschenkels hervorbringen können. Hebelausschläge des gebeugten Unterschenkels sind für den Kundigen Fernzeichen für das, was im versteckten Hüftgelenk vor sich geht.

b) Vordere Gruppe der dorsalen Hüftmuskeln. Tabelle S. 482, Nr. 1—4.

Beim menschlichen Embryo gibt es für die Muskeln dieser Gruppe nur eine zusammenhängende Muskelanlage; sie liegt zusammen mit dem Nervus femoralis in einem tiefen Ausschnitt des Vorderrandes des Darmbeines, der späteren Lacuna musculorum (Abb. 243). Aus ihr differenzieren sich die vier Einzelmuskeln der Gruppe, von denen einer (Psoas minor, Tab. Nr. 2) beim Menschen inkonstant ist. Der M. iliacus (Tab. Nr. 3) knospt seitlich aus dem ursprünglichen Blastem heraus; er ist entsprechend der Verbreiterung der Darmbeinschaufel ein Spätprodukt. Alle Muskeln mit Ausnahme des M. pectineus (Tab. Nr. 4) hängen auch beim Erwachsenen zusammen und heißen gemeinsam M. iliopsoas; die Endsehne inseriert am kleinen Rollhügel des Femur, Trochanter minor.

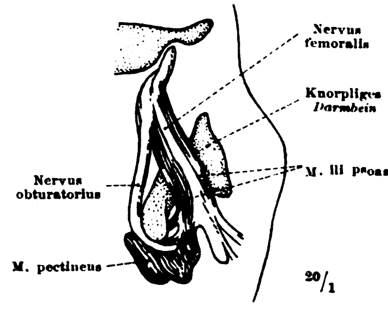


Abb. 243. Anlage der vorderen Gruppe der dorsalen Hüftmuskeln. Menschlicher Embryo der 6. Woche. (Aus Gräfenberg l. c.).

Der Ansatz des Pektineus liegt in nächster Nähe des Muskelansatzes des Iliopsoas, Crista pectinea femoris (Abb. 246 b).

Über die Benennungen des Femur siehe S. 549. Man orientiere sich vorläufig an den Abbildungen (Abb. 95, 127, 276).

Musculus psoas major. Das Muskelfleisch ist künstlich in eine oberflächliche und tiefe Ursprungsportion zerlegbar. Die erstere entspringt mit sehnigen Arkaden für den Durchlaß von feinen Gefäß- und Nervenästchen von den Wirbelkörpern und namentlich von den Zwischenwirbelscheiben. Sie ist eine ziemlich einheitliche Platte. Die tiefe Ursprungsportion ist nach den Rippenfortsätzen der Lendenwirbel (Processus laterales) in einzelne, dachziegelförmig sich deckende platte Ursprungsbündel gesondert, deren Hinterflächen an die tiefen Rückenmuskeln grenzen (Abb. 97). Der Psoas reicht so weit an der Wirbelsäule in die Höhe, daß er unter dem inneren Hallerschen Bogen hindurchschlüpft und bis in den Brustraum gelangt (Abb. 107), wo er vom 12. Brustwirbelkörper entspringt. Die Faszie des Muskels ist von retroperitonealem Fett, der Fortsetzung der Fettkapsel der Niere, bedeckt und durchdrungen (Abb. 108). Bei Schlachttieren beruht darauf die Zartheit des Muskelfleisches („Filet“).

M. psoas major (Tab. Nr. 1), Abb. 103, 107, 108, 244, 246, 255

Der Muskel verläßt das große Becken gemeinsam mit dem M. iliacus (Tab. Nr. 3) durch die früher beschriebene Lacuna musculorum zwischen Darmbeinrand und Leistenband (Abb. 107). Die innere Grenze gegen die Lacuna vasorum ist durch die Faszie des Psoas gebildet, welche Leistenband und Eminentia iliopectinea des Knochens miteinander verbindet und an dieser Stelle Ligamentum iliopectineum genannt wird (Abb. 90, 95, vgl. S. 168). An dieser Stelle ist der Muskel auf seiner Unterseite gegen den Knochen hin bereits rein sehnig. Ein großer Schleimbeutel, Bursa iliopectinea (Abb. 252), ist zwischen die Sehne und den Knochenrand eingeschaltet; sie erleichtert das Spiel des Muskels bei den Bewegungen des Beines oder Rumpfes; sie hat durch normale oder pathologische Kommunikationen mit dem Hüftgelenk wichtige Beziehungen zu letzterem. Auf dem Wege vom Ursprung zur Lacuna musculorum liegt der Muskel rein abdominal; er verengt den Eingang zum kleinen Becken (Abb. 235), ist aber mitsamt seiner Faszie so verschieblich, daß er kein Geburtshindernis werden kann. Außerhalb der Lakuna tritt der Muskel in das Gebiet des Oberschenkels, liegt auf der medialen Hälfte der Hüftgelenk-



kapsel und des Caput femoris (Abb. 246) und inseriert am Trochanter minor, indem er sich um den Hals des Femur in langgezogener Spirale herumwendet. Man sieht die Befestigung des Psoas major an der Knochenapophyse am besten von hinten her (Abb. 97).

Faszienloge des Iliopsoas

Die Faszie des Muskels ist ein Teil der Fascia lumbalis, welche oberhalb des Darmbeinkammes eine besondere Loge für den Muskel formt, eine zweite für den Quadratus lumborum (Abb. 108). Sie öffnet sich nur unter dem Leistenband hindurch gegen den Oberschenkel zu. Diesen Weg zeigen uns sehr deutlich pathologische Senkungsabszesse an, welche sich bei eitriger Zerstörung von Brustwirbeln hoch oben sammeln, regelmäßig den Weg mit dem Psoas nach unten nehmen und sehr häufig erst am Oberschenkel oder noch weiter distal unter die Haut treten (über den Weg nach dem PETITschen Dreieck zu s. S. 174).

Die Abschlüsse der Loge sind überall sonst sehr fest. Oben ist das Zwerchfell an die Faszie des Psoas angeheftet (Arcus lumbocostalis medialis, innerer HALLERscher Bogen, S. 196); an dieser Stelle geht sie in die Faszie der Unterseite des Zwerchfelles über. Im großen Becken setzt sie sich auf den M. iliacus fort; sie heißt hier über dem ganzen M. iliopsoas: Fascia iliaca. Sie hängt nach dem kleinen Becken zu mit der Beckenfaszie zusammen und ist an der Innenseite der Bauchwand mit deren Fascia transversalis verlötet (Tractus iliopubicus, S. 168).

Hubhöhe des Psoas

Die Wirkung des Psoas major ist einzigartig unter allen Extremitätenmuskeln der unteren Gliedmaße. Nur die beiden Psoae reichen über den Hüftbeinrand in den Rumpf hinauf, während bei allen übrigen die Crista iliaca zwischen Bauch- und Extremitätenmuskeln reinlich scheidet. Der Psoas major überspringt also nicht nur das Hüftgelenk, sondern auch die beweglichen Zwischenwirbelscheiben des Promontorium und der Lendenwirbel bis zum letzten Brustwirbel. Er ist ein vielgelenkiger Muskel; er bewegt um so mehr von den genannten Gelenkverbindungen, je mehr von seinen 9 (10) oberflächlichen und tiefen Ansätzen an Wirbeln innerviert werden. Die Länge des Muskels wird noch dadurch erhöht, daß seine Insertionsapophyse bei der Normalstellung des Beines dorsal gerichtet ist, und daß die Muskelfasern einen Umweg innen um den Kopf und Hals des Femur herum zu diesem Knochenhebel machen (Abb. 107). Diese Ausnutzung der größtmöglichen Distanz auf der ventralen Seite der Wirbelsäule zwischen Ursprung und Insertion gibt dem Muskel besondere Hubhöhe. Wir werden sehen, daß sein Partner, der M. iliacus, sich als besondere Kraftkomponente des Systems hinzu gesellt.

Er ist weitaus der wichtigste Muskel für das Vorheben des Beines. Die Hubhöhe des Psoas ist so groß, daß wir das Bein maximal heben können, d. h. bis zur Berührung zwischen Vorderfläche des Oberschenkels und Bauchwand. Ist scheinbar die Berührung in bestimmten Stellungen nicht möglich (z. B. im aufrechten Stehen und bei gestrecktem Knie), so liegt das an einer Hemmung durch die überdehnten Muskeln an der Hinterseite des Oberschenkels. Entspannt man diese Muskeln durch Beugen des Knies, so kann erst der Psoas seine ganze Hubhöhe zeigen.

Aus dem Hebelarm, mit welchem die gemeinsame Endsehne am Femur angreift und aus dem Muskelquerschnitt des Iliopsoas ist als Moment für die Anteversio des Beines ein Betrag errechnet worden, welcher 250 mal größer ist als beim Rectus femoris, dem einzigen Muskel, welcher die gleiche reine Wirkung auf das Hüftgelenk ausübt wie der Iliopsoas (siehe Oberschenkelmuskeln).

Einschränkungen erleidet die Hubhöhe bei korpulenten Leuten oder Schwangeren durch die Prominenz des Bauches; gewisse Verrichtungen wie Stiefelanziehen und dgl. werden dadurch behindert.

Der Psoas ist am stärksten erschlafft, wenn das Bein in der Hüfte antevertiert oder eleviert steht und in dieser Stellung durch passende Lagerung passiv gehalten wird. Infolgedessen wird bei Abszessen, welche sich zwischen Iliopsoas

und Beckenknochen sammeln und den Muskel vordrängen, vom Patienten unwillkürlich der Muskel durch Vorheben des Beines in der Hüfte zu entlasten gesucht. Die Rückwirkungen solcher Schutzstellungen auf das Hüftgelenk und die Wirbelsäule sind weitgreifend (S. 545).

Ist der Iliopsoas gelähmt, so ist das Gehen fast unmöglich. Ein gelähmtes oder entzündetes Bein läßt sich wohl mit orthopädischen Apparaten so schienen, daß es an seinem Teil die Körperlast zu tragen vermag, Stehfähigkeit. Aber die lebendige Kraft des Iliopsoas ist in erster Linie nötig, um das Bein vorwärts zu bringen, Gehfähigkeit. Das Spielbein wird durch ihn gehoben und vor das Standbein gebracht. Alle Muskeln an der Hinterseite des Beines und Hüftgelenkes können eher entbehrt und bei Versagen durch Schienen ersetzt werden. Fehlt dagegen der Iliopsoas, so ist ein Gehen mit dem Bein selbst unmöglich. Er ist deshalb einer der wichtigsten Muskeln des ganzen menschlichen Körpers. Bedeutung für die Gehfähigkeit

Wohl kann der Rumpf im ganzen so gedreht werden, daß die betreffende Hüfte nach vorn gebracht (Antepositio) und das Bein mit vorgeschoben wird. Aber dazu ist eine abnorme Steifigkeit des Beines im Hüftgelenk nötig, die erforderlichen Falles künstlich durch Schienen herbeizuführen ist; sonst rutscht das Bein der Schwere folgend zurück. Die biologische Bedeutung des Iliopsoas für das normale Gehen ist daraus klar zu erkennen.

Die Länge des Psoas ist von größter Bedeutung für lange Schritte und Sprünge, da er dem nach hinten gerichteten Standbein Antrieb und Schwung gibt, um als Spielbein nach vorn zu kommen. Besonders schnellfüssige und sprungfähige Tiere (Hase, Raubtiere) haben größere relative Psoaslängen als der Mensch; der Muskel steigt bei ihnen weiter in den Brustraum über den Zwerchfellansatz hinauf.

Geringe außenrotierende Einwirkungen auf den Oberschenkel und Beteiligung an der Adduktion des Beines kommen vor, scheinen aber individuell zu schwanken.

Geradeso wie der Iliopsoas das Spielbein gegen das Becken und den Rumpf antevertiert, so vermag er den Rumpf gegen das Becken und das Becken gegen den Oberschenkel des Standbeins zu kippen (Steilstellung des Beckens, Anteversio pelvis). Die Verbeugung im aufrechten Stehen, alle Rumpfhebungen im Liegen gegen die Schwere oder gegen einen Widerstand finden durch ihn Antrieb, Unterstützung und feinere Führung (S. 186). Rumpfbeugung gegen das Standbein, Schenkellinie

Beim Zusammenkugeln des Körpers, das nur im Liegen möglich ist (wegen des Widerstandes der Beugemuskeln des Oberschenkels bei gestreckten Knien), wird die volle Hubhöhe des Psoas ausgenützt. Bei der Verbeugung können wir nur deshalb den Bauch nicht bis an die Vorderseite der Schenkel senken, weil in in dieser Stellung die Knie gestreckt, und deshalb die Beuger an der Hinterseite des Oberschenkels gespannt sind.

Da die Haut bei Anteversion des Oberschenkels und des Beckens beständig eingefaltet wird, so besteht eine dauernde Linie dicht unterhalb der Leiste, welche auch bei gestrecktem Bein die Stelle der Quetschfalten verrät und konstant geworden ist, besonders bei der Frau, Schenkellinie (Abb. 104).

Innervation: Mehrere getrennte Äste direkt aus dem Plexus lumbalis. Zahlreiche andere Nerven sind dem Muskel bloß benachbart. Der N. femoralis liegt in der Nische zwischen Psoas und Iliakus und begrenzt den Psoas von außen, ohne Äste an ihn abzugeben. Manchmal geht außen vom Leistenband ein Ast aus dem N. femoralis in den Iliopsoas hinein (extrapelvikaler Teil des Iliakus). Durch den Psoasursprung tritt der N. genitofemoralis, ein reiner Hautnerv, hindurch; er liegt zwischen Muskelfaszie und Bauchfell. Unter dem Muskel und in sein Fleisch mehr oder weniger stark eingebettet findet man die Äste des Plexus lumbosacralis, welche den Muskel passieren, ohne ihn zu innervieren. Die Nervenäste, welche unter den Ursprungsarkaden aus dem Muskel heraustreten, sind die Rami communicantes der lumbalen Spinalnerven zum Grenzstrang des Sympathikus. Letzterer begrenzt den Innenrand des Psoas auf der Lendenwirbelsäule. Infolge so zahlreicher Nachbarschaft kann bei Entzündung oder Vereiterung des Psoas eine reiche Skala von sensiblen und motorischen Störungen vorkommen. Segmentale Nerven: L2—L4. Der Ursprung des Muskels ragt durch sekundäres Wachstum in höhere Körpersegmente hinauf als die Ursprünge der segmentalen Nerven, welche ihn versorgen. Blutzufuhr: A. subcostalis und Rr. lumbales der Aorta abdominalis, R. iliolumbalis aus der A. hypogastrica, Ästchen der A. femoralis (besonders A. circum-



flexa fem. medial.). Die große Arteria und Vena iliaca externa laufen im Becken längs dem Innenrand des Psoas zwischen Faszie und Peritonaeum. In der Bauchhöhle liegt vor dem rechten Psoas die Vena cava inferior.

M. psoas minor (Tab. Nr. 2), Abb. 107, 244, 255

Musculus psoas minor. Er entspringt am weitesten oben (Abb. 107, an Seitenflächen des 12. Brust- und 1. Lendenwirbels) und inseriert am Becken oder in der Faszie des Psoas major. Bei Karnivoren, Nagern u. a. ist er mächtig entfaltet und ein wichtiger Beweger des Beckens. Beim Menschen unterstützt er mit dem ebenfalls variablen Pyramidalis den Quadratus lumborum; doch wird der Angulus lumbosacralis (Abb. 231) infolge der aufrechten Körperhaltung viel wirksamer durch das Gewicht des Oberkörpers beeinflußt und durch die Muskeln, welche diesen regieren (Rücken- und Bauchmuskeln). So ist der für Vierfüßler progrediente Entwicklungsprozeß beim Menschen wieder rückläufig geworden; das drückt sich nicht nur in dem häufigen Fehlen aus, sondern auch in der oft rein sehnigen Beschaffenheit des größten Teils des Muskels und in der variablen Insertion, speziell an der Faszie anstatt am Knochen. Der Muskelbauch ist höchstens 6 cm lang.

Geht der Psoas minor an das Pecten ossis pubis, so verstärkt seine Sehne gewöhnlich die Faszie des Psoas major an der Stelle, wo sie das Leistenband mit der Eminentia iliopectinea verbindet. Die Sehnenfasern sind das, was man präparatorisch leicht isolieren kann und als „Ligamentum iliopectineum" bezeichnet (S. 168; ist die Sehne nicht bis zum Knochen zu verfolgen, so ist die Isolation des „Bandes" rein künstlich). Unter dem Anreiz des Muskels hat sich phylogenetisch bei Tieren eine Spina iliopectinea gebildet, die auch beim Menschen statt der sanften Eminentia gleichen Namens auftauchen und sogar ein Geburtshindernis werden kann.

Innervation: Ein direktes Ästchen aus dem Plexus lumbalis. Segmentale Nerven: (L 1) L 2—3 (L 4). Blutzufuhr: Rr. lumbales aus der Aorta abdominalis.

M. iliacus (Tab. Nr. 3), Abb. 97, 103, 107, 120, 244, 246

Musculus iliacus. Die breite Darmbeinschaufel fehlt allen Vierfüßlern (Abb. 227a). Sie ist bei anthropomorphen Affen erst in den ersten Anfängen ausgebildet. Die Last der Eingeweide, die bei der aufrechten Körperstellung den Knochen zum Träger des Darmes ummodelte, ist zugleich Anlaß geworden zur Kräftigung des Iliopsoas und zur Entfaltung eines besonderen M. iliacus, der in solcher Ausbreitung nur dem Menschen eigen ist. Der intrapelvikale Teil des Muskels nimmt die ganze Darmbeingrube vom Kamm und vorderen Darmbeinstachel bis zur Linea terminalis ein (Abb. 246a), er greift sogar gelegentlich auf die Gelenkkapsel der Articulatio sacroiliaca und auf den Seitenteil des Kreuzbeins über. Überall beginnt das Muskelfleisch dicht am Knochen. Je nach der Tiefe der Höhlung im Knochen ist der Muskel verschieden dick, aber nie mächtiger, als bis zur Anfüllung der Grube nötig ist (Dicke ca. 2 cm). Der extrapelvikale Teil des Muskels umgreift wie ein mächtiges Rad von der Lacuna musculorum aus den Hüftgelenkkopf (Abb. 103) und hat infolgedessen ein sehr günstiges Moment für die Bewegung des Femur. Der Ursprung umfaßt die Spina iliaca anterior inferior (Abb. 246a). Weiter unterhalb gesellt sich ein besonderer Ursprungskopf von der vorderen Hüftgelenkskapsel zu der am Beckenknochen entspringenden Hauptmasse des Muskels hinzu. Dieser Kopf liegt rein extrapelvikal (Caput externum, Abb. 244); er dient als Kapselspanner. Die Insertion des Iliakus reicht vom Trochanter minor etwas auf das Labium mediale der Linea aspera femoris hinab und scheidet hier die Adduktoren von dem Vastus medialis des Quadrizeps (Abb. 246b).

Der Innenrand des Iliakus wird vom Psoas bedeckt. In der Nische zwischen beiden liegt der Nervus femoralis. Er selbst bedeckt am Oberschenkel das Hüftgelenk und den vorderen Abschnitt des Hüftbeinkopfes (Abb. 103). Bei mageren Menschen kann man die Knochenkugel durch ihn hindurchfühlen. Sie ist auch der Grund für die radförmige Drehung der Muskelfasern von vorn nach hinten.

Kraftkomponente des Iliopsoas

Für die beim Psoas bereits erwähnten Gesamtwirkungen des Iliopsoas ist der Iliakus eine wesentliche Kraftkomponente. Denkt man sich statt eines Muskels ein Modell aus einer bestimmten Anzahl gleichlanger Gummischnüre,

so sind beim Psoas die Schnüre hintereinander geknüpft (wenige lange Muskelfasern), beim Iliakus sind sie nebeneinander geordnet (viele kurze Muskelfasern). Beide Möglichkeiten der Wirkung (große Hubhöhe und große Kraft) sind im Iliopsoas für den gleichen Muskelhebel am Femur (Trochanter minor) verwirklicht. Die Richtung der Fasern des Iliakus ist gleich der des M. obliquus

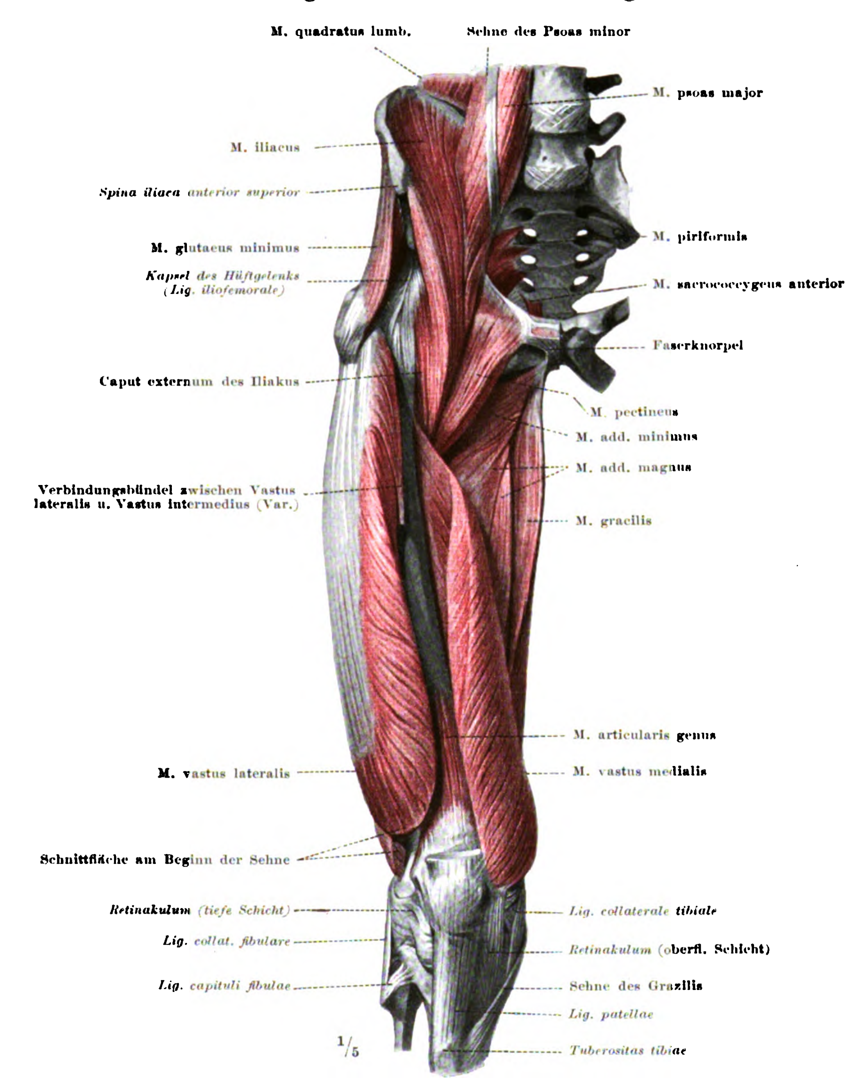


Abb. 244. Becken- und Oberschenkelmuskeln von vorn, natürliche Lage und Form des Skeletts und der Muskeln. Entfernt wurden das Leistenband, der Glutaeus medius, Sartorius, Rectus femoris, Vastus intermed., Add. longus, Add. brevis, Obtur. ext. und die Muskeln des Unterschenkels. Zwischen Pektineus und Grazilis ist das Bett für den Add. longus und brevis erkennbar, neben dem Faserknorpel der Schoßfuge die dreieckige Nische des Obt. ext.

abdominis externus (Abb. 103). Der Beckenkamm ist in den großen Muskelzug eingeschaltet, der von der Außenseite des Thorax durch jenen Bauchmuskel und den Iliakus hindurch bis zum Trochanter minor führt, so daß auf diese Weise ohne Kraftverlust Bauch- und Hüftmuskelleistung addiert und die Kürze der Iliakusfasern ausgeglichen werden kann.

Innervation: wie beim Psoas. Der Ast zur Pars externa liegt häufig extramuskulär und kommt manchmal aus dem N. femoralis. Auf der Faszie des Iliakus liegt ein Hautnerv: N. cutaneus femoralis lateralis. Segmentale Nerven: L 3—4. Blutzufuhr: Art. iliolumbalis aus A. hypogastrica und A. circumflexa ilium profunda aus A. iliaca externa. Schleimbeutel: Unter der Insertion, welche größtenteils fleischig ist, liegt häufig ein separater Schleimbeutel auf dem Trochanter minor, Bursa iliaca subtendinea; er ist meist klein, kann aber größer als die Bursa iliopectinea des Psoas sein, ist immer von ihr durch einen fingerbreiten Zwischenraum getrennt und steht nie mit dem Hüftgelenk in Verbindung. Die Faszie des Iliakus ist beim Psoas beschrieben.

M. pectineus (Tab. Nr. 4)

4. Musculus pectineus. Er ist an dieser Stelle erwähnt, weil er entwicklungsgeschichtlich mit dem Iliopsoas zusammenhängt (Abb. 243). Er gehört andererseits zu den Adduktoren und wird erst bei diesen beschrieben, siehe S. 517.

c) Hintere Gruppe der dorsalen Hüftmuskeln: Gesäßmuskeln. Tabelle Nr. 5—9, S. 482.

Diskrepanz zwischen Beckenschaufel und Gesäßmuskeln

„Sitzfleisch“ oder „Gesäß“ sind vulgäre Bezeichnungen, welche eine passive Bestimmung der ganzen Gegend, aber nicht eigentlich dieser Muskelgruppe andeuten (S. 502). Vor allem sind die Muskeln aktive Komponenten des dichten Muskelmantels, welcher die Hüfte umgibt und das Becken auf den Tragsäulen der Beine im labilen Gleichgewicht festhält. Nicht nur die Hinterbacken, Nates s. Clunes, sondern der ganze seitliche Hüftkontur ist durch ihn gebildet. An der Schulter umfaßt außer kleineren Muskeln nur ein einziger großer Muskel, Deltamuskel, mantelförmig den Humeruskopf. An der Hüfte umkleiden außer kleineren Muskeln die mächtigen Glutaei (Tab. Nr. 6, 7, 9) die Darmbeinschaufel und das Hüftgelenk. Nimmt man die ganze hintere dorsale Muskelgruppe weg (Abb. 281), so ist durch den Gegensatz sehr deutlich, wie schmächtig das freigelegte knöcherne Becken an sich gegenüber den mächtigen Oberschenkelmuskeln ist. An dem durch die Haut erkennbaren Darmbeinkamm ist das für den Kenner auch beim unversehrten Körper deutlich. Die Diskrepanz zwischen Knochengerüst und Muskelbelag wird bei der Hüfte ähnlich wie beim Schädel sehr auffällig, wenn die Muskulatur individuell z. B. durch Sport besonders mächtig ausgestaltet und das Fettpolster gering ist. Denn die Knochenproportionen ändern sich nicht so schnell wie die Muskelproportionen; deshalb fällt bei solchen Menschen die relativ geringe Größe des Schädels und Beckens besonders auf (Abb. 204).

Auf den Gesäßmuskeln liegt ein besonderes Fettpolster, der Weichenwulst (S. 173), insbesondere bei der Frau; der Querabstand der weiblichen Hüftkonturen voneinander kann sogar etwas größer sein als der Schulterabstand. Den Hüftkämmen und -muskeln nach ist die Schulterbreite dagegen immer größer als die Hüftbreite, insbesondere beim Mann (Abb. 1 b).

M. piriformis (Tab. Nr. 5), Abb. 59, **103**, **120**, 127, 244, 246, 254

Musculus piriformis. Der Muskel heißt birnenförmig (pirus), weil sein dickes Fleisch in einen dünnen langen Stil, die Sehne des Muskels, ausläuft (Abb. 120). Doch ist er auf dem Querschnitt, besonders gegen den Ursprung zu, nicht rund, sondern platt. Er liegt anfänglich beim menschlichen Embryo noch ganz außerhalb des Beckens und schiebt seinen Ursprung erst bei fortschreitendem Wachstum auf die Ventralseite des Kreuzbeins vor (Abb. 254). Dabei benutzt er das Foramen ischiadicum majus als Pforte. Diesen Prozeß der Vergrößerung von Muskeln durch Vorwandern auf die Innenwand des Beckens werden wir beim M. obturator internus noch viel anschaulicher verwirklicht finden (S. 505).

Der Ursprung läßt die Kreuzbeinlöcher für den Austritt der Wurzeln des großen Nervengeflechtes (Plexus sacralis) frei. Je nach der Dicke des Muskelfleisches, welches unmittelbar an den Seitenteilen des 2.—4. Kreuzwirbels und

zwischen den Löchern entspringt (Abb. 246a), sind die Nervenstämme in den Muskel eingebettet oder mehr oberflächlich zu ihm gelegen. Ursprungsbündel des Muskels reichen gelegentlich weiter abwärts am Becken bis zum Zusammenhang mit dem M. coccygeus (Bd. II). Gewöhnlich greift der Ursprung auf die Gelenkkapsel zwischen Kreuz- und Hüftbein und auf ein kleines Stückchen des Darmbeines selbst über. Auch entspringen Fasern von einer Brücke aus straffem Bindegewebe, welche zum Lig. sacrotuberosum gehört und sich da über den Muskel herüberspannt, wo er aus dem Beckenfenster heraustritt.

Im Foramen ischiadicum majus bleibt oberhalb und unterhalb des Piriformis eine Spalte frei, Foramen supra- und infrapiriforme (S. 464); es kommt auch vor, daß der Muskel in sich gespalten ist und den Nervus peronaeus, den einen der beiden regelmäßigen Bestandteile des Nervus ischiadicus, hindurchläßt: Foramen intrapiriforme. Der Nervus peronaeus vereinigt sich dann mit dem N. tibialis erst außerhalb des Beckens statt innerhalb.

Versteckte Lage

Der Muskel liegt sehr versteckt. Denn er wird ganz von dem dicken Glutaeus maximus zugedeckt. Es sind jedoch Fälle bekannt, in welchen der letztere so weit atrophisch war, daß der Piriformis und seine Nachbarn auch beim Lebenden beobachtet und elektrisch gereizt werden konnten. Er schiebt sich an die Spitze des Trochanter major mit seiner Sehne hin, indem er den Hinterrand des Glutaeus minimus überschneidet (Abb. 120), und inseriert an der Innenseite des Knochenhöckers. Ein Schleimbeutel liegt hier oft zwischen Sehne und Knochen. Die Sehne kann mit der Sehne des Glutaeus medius oder Gemellus superior verwachsen sein. Die Faszie des Muskels ist äußerst zart.

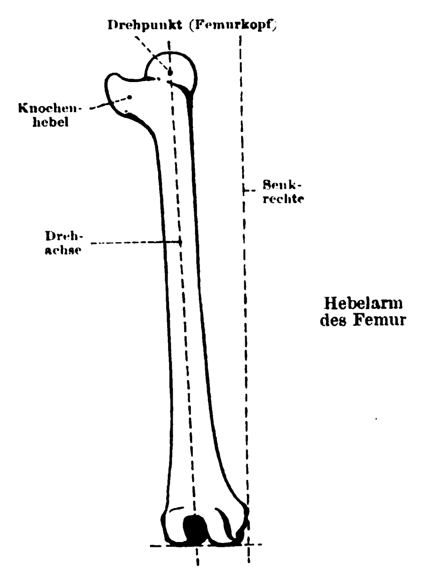


Abb. 245. Imaginärer Knochenhebel des Femur. Ideelles Femurmodell, vgl. mit Abb. 268. Erklärung im Text.

Hebelarm des Femur

Um die Wirkung des Muskels zu verstehen, muß man, wie bei allen Muskeln, welche am großen Rollhügel ansetzen, sich klar machen, wie die Bewegungen des Oberschenkels durch die Hebelwirkung dieser Apophyse beeinflußt werden. Der Knochen ist nach der Seite zu nicht nur um die Höhe des großen Rollhügels hebelförmig verbreitert, sondern wir müssen dazu noch einen weiteren Betrag rechnen, der zu Lasten des Kollodiaphysenwinkels des Femur fällt (Abb. 239 I, a b). In dem Maß nämlich, in welchem der Hals des Femur gegen den Schaft abgeknickt ist, steht die Schaftachse schräg zu einer ideellen Achse, welche wir uns durch die Mitte des Kopfes und die Mitte des distalen Femurendes gelegt denken (Abb. 268). Der Winkel schwankt zwischen 5—7 Grad. Dreht sich der Oberschenkel um seine Längsachse, Rotation, so rollt er in Wirklichkeit um jene ideelle Achse. Wir nennen sie deshalb seine Drehachse (Hauptachse des ganzen Beines). Wir stellen uns für alle Bewegungsphänomene am besten den Oberschenkelknochen so vor, daß sein Schaft anstatt schief zur Drehachse zu stehen, in diese hineinfällt (Abb. 245). Der Knochenhebel dieses rein imaginären Modells ragt so viel nach außen vor, daß seine Länge gleich ist der Größe des großen Rollhügels plus Zuschlag durch den Kollodiaphysenwinkel (im ganzen ca. 6 cm). Die Muskeln, welche am Trochanter major angreifen, werden, je näher sie der Spitze inserieren, ein um so größeres Moment haben, da sie mittels des geschilderten Knochenhebels das Femur und damit den Oberschenkel regieren. Mag das Femur um die Drehachse rotiert oder um den Drehpunkt des Femurkopfes nach vorn und hinten oder nach außen und innen bewegt werden, immer ist die starke Übersetzung durch den

imaginären Hebelarm, der im großen Rollhügel endigt, für die betreffenden Muskeln in Rechnung zu bringen.

Großes Moment

Der Piriformis inseriert gerade auf dem vorspringendsten Punkt des Trochanter major (Abb. 103); seine obersten Fasern treten von hinten oben an ihn heran, die untersten Fasern liegen horizontal. Im aufrechten Stehen des Menschen hat er durch Benutzung des Querhebels ein großes Moment; er kann den Oberschenkel vor allem nach außen rotieren, außerdem spreizen (Abductio) und nach hinten ziehen (Retroversio). Bei feststehendem Bein wird er die Hüfte der anderen Körperseite zurücknehmen (Retropositio) und das Becken und den Rumpf nach seiner Seite und nach vorn neigen (Latero- und Anteversio). Von diesen Wirkungen hat das Auswärtsrollen des Oberschenkels das größte Moment, weil sich alle Fasern daran beteiligen; ihm kommt die Spreizwirkung bei steil stehendem Becken sehr nahe.

Wird das Bein in der Hüfte nach vorn gehoben, so wandert die Insertion des Muskels mit, der Ursprung aber bleibt stehen. Gewisse Wirkungen erlöschen dadurch oder kehren sich sogar in ihr Gegenteil um. Wird der Oberschenkel bis zur Horizontalen gehoben, z. B. beim Sitzen, so kommen die Fasern des Muskels in die Richtung seiner Achse zu liegen; damit erlischt ihre rotierende Wirkung. Wird der Oberschenkel über die Horizontale gehoben (Elevatio), so kann er vom Piriformis nach innen rotiert werden. Der Knochenhebel wird zwar dorsalwärts gezogen. Da er aber um 180° gedreht ist und mit seiner Vorderseite dem Muskel zugewendet ist, so ist die Auswärtsrollung in ihr Gegenteil verwandelt. Der Einfluß auf die Abduktion und Retroversion ändert sich nicht.

Innervation: Direkte Nervenäste aus dem Plexus sacralis. Sie treten in der Mitte der Muskelfasern auf der Unterfläche des Muskels ein. Da sie für die Ursprungspartie des Muskels intramuskulär rückläufig werden und mit dem Muskelfleisch von außen gegen das Kreuzbein hin durch das Foramen isch. majus eintreten, so ist im Nervenverlauf noch ersichtlich, daß der Muskel sekundär in das Innere des Beckens hineingewachsen ist. Segmentale Nerven: S1—S2 (S3). Blutzufuhr: A. glutaea sup. und A. glut. inf. aus A. hypogastrica.

M. glutaeus minimus (Tab. Nr. 6), Abb. 59, 96, **120**, 244, 246

Musculus glutaeus minimus. Der Glutaeus medius und minimus formen eine nach hinten offene Muskeltasche, deren spaltförmiges Lumen mit ein wenig Bindegewebe und dem Gefäßnervenbündel für beide Muskeln gefüllt ist; der Boden der Tasche ist der den beiden Muskeln gemeinsame Vorderrand. Die Beschreibung des Glutaeus minimus wird in allem wesentlichen auch für den Glutaeus medius zu gelten haben; letzterer ist eine etwas vergrößerte Ausgabe des ersteren. Beide zusammen können als die „kleinen" Glutäen bezeichnet werden (zum Unterschied vom Glutaeus maximus).

Fächerform und Vielseitigkeit der der kleinen Glutäen

Der Minimus hat die Form eines Fächers (Abb. 120). Seine breite Basis entspringt fleischig von der Außenseite des Darmbeines zwischen der Linea glutaea anterior und inferior (Abb. 246 b). Das Muskelfeld reicht vom Hinterrand des Knochens (Incisura ischiadica major) bis zum Vorderrand (Incisura iliaca anterior). Die Insertion ist dagegen sehr schmal; der Muskel ist außen am Trochanter major, vorn vom Medius befestigt. Ein oberflächlicher schöner Sehnenspiegel sammelt die zahlreichen Muskelbündel, so daß sie alle durch die fiedrige Anheftung an der Sehne ihre Wirkung auf den großen Rollhügel ausüben können. Der Muskel hat darin eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Deltamuskel der Schulter, bei dem auch das Ursprungs- und Insertionsfeld sehr verschieden groß sind. Eine weitere Ähnlichkeit besteht darin, daß sich die kleinen Glutäen auch um das Gelenk herumschmiegen. Ein Teil (beim Minimus der weitaus größte Teil und die Insertion) tritt von vorn an den Knochenhebel des Femur heran (Abb. 246a); ein Teil liegt oberhalb und ein Teil hinter dem Hebel. Medius und Minimus sind infolgedessen äußerst vielseitige Muskeln. Es gibt keine Bewegung in der Hüfte, an welcher sie nicht mitbeteiligt wären.



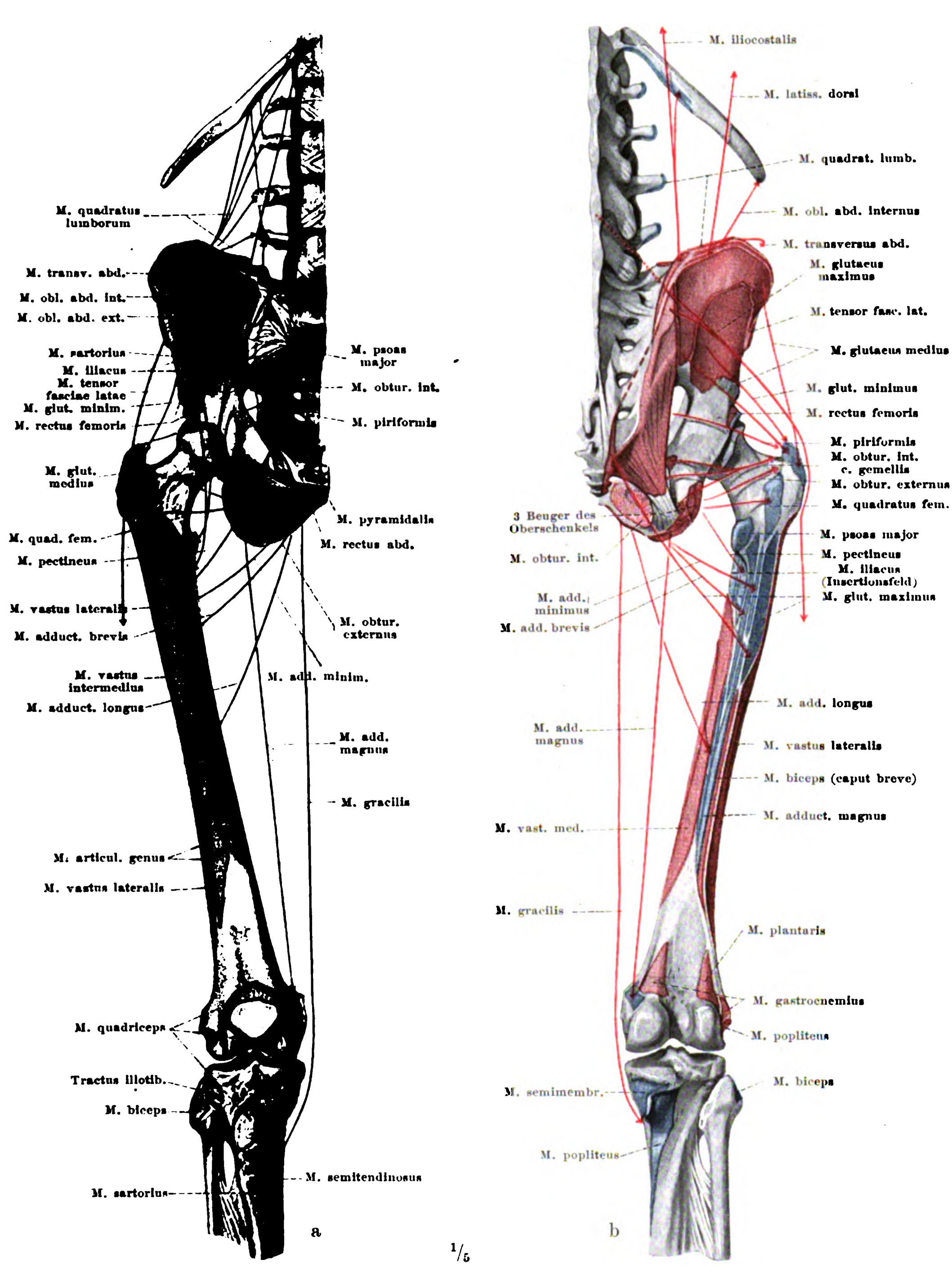


Abb. 246. Ursprünge (rot) und Insertionen (blau) der Hüftmuskeln: a) Ansicht von vorn, b) von hinten. Die Pfeile geben die Hauptrichtungen der Muskeln in natürlicher Lage an (vgl. Abb. 128).

Es ist nicht zu vergessen, daß die Benennung der Bewegungen nach drei senkrecht aufeinander stehenden Achsen davon keinen vollen Eindruck gibt. In Wirklichkeit werden der Glutaeus minimus und medius auch den wichtigen und häufigen Zwischenbewegungen zwischen solchen um die drei Achsen voll gerecht.

Bewegung des Spielbeins

Die vor dem Drehpunkt liegenden Muskelfasern rotieren den Oberschenkel aus der Normalstellung nach innen und heben ihn nach vorn, die hinter dem Drehpunkt liegenden rollen ihn nach außen und bewegen ihn nach hinten, alle zusammen und insbesondere die oberhalb des Drehpunktes liegenden abduzieren das Bein (Abb. 247). Die hintersten Bündel entsprechen also in ihrer Wirkung ganz dem Piriformis, an den sie unmittelbar anschließen (Abb. 59). Die Hauptmasse des Minimus, nämlich die zahlreichen vor der Drehachse liegenden Fasern sind aber Antagonisten dieser hinteren Bündel. Der vordere Teil der beiden kleinen Glutäen ist der **kräftigste und wichtigste Einwärtsroller** des Beines. Ist das gestreckte Bein etwas nach vorn gehoben, so beschreibt die Fußspitze unter der sukzessiven Wirkung aller Portionen des Minimus und Medius einen Bogen nach auswärts (Beinkreisen, Zirkumduktion). Der Piriformis vervollständigt den Kreisbogen, wenn die Wirkung des Minimus und Medius bereits abgelaufen ist.

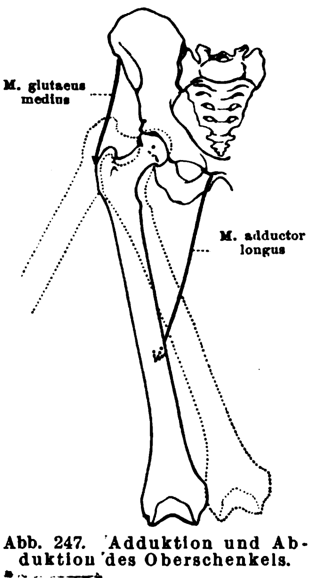


Abb. 247. Adduktion und Abduktion des Oberschenkels.

Die Sehnenplatte des Muskels ist in der Normalstellung gefaltet (Abb. 120). Die längs gerichteten Fältchen verstreichen beim Beinkreisen und geben wie die Falten eines Anzuges den verschiedenartigen Bewegungen Luft. Das Insertionsende des Muskels, welches in der Normalstellung frontal nach vorn gerichtet ist, wird bei Auswärtsrollung sagittal gestellt. Bei Einwärtsrollung kann es um den Hals des Femur herumgewickelt werden. Die hinteren und oberen Bündel rotieren wie beim Piriformis nur in Normalstellung nach außen, bei Anteversion des Oberschenkels dagegen rollen sie nach innen und treiben die Bewegung weiter als die erschlafften vorderen Partien des Muskels. Auch die Abduktion schlägt in Adduktion um; denn die Insertionsfläche wird bei eleviertem Bein, z. B. im Hocken, über den Drehpunkt gehoben.

Wirkung vom Standbein auf das Becken

Die Aktion der beiden kleinen Glutäen vom Standbein aus auf das **Becken** ist noch viel wichtiger. Beim Gehen dient abwechselnd das eine und das andere Bein als Standbein; das Bein der Gegenseite schwingt jeweils als Spielbein von hinten nach vorn durch. Um das Oberkörpergewicht auf das momentan als Standbein benutzte Glied zu übertragen, wird das Becken nach der Seite des Standbeines ein wenig geneigt. Der vordere Hüftbeinstachel sinkt auf dieser Seite entsprechend, während sein Gegenüber auf der Seite des Spielbeines etwas gehoben wird. Man kann das an sich selbst beim Gehen fühlen und bei jedem nackten Menschen sehen. Diese Lateroversion des Beckens führen bei jedem Schritt die kleinen Glutäen des Standbeines aus. Deshalb ist auch der Gang, wenn beide Muskeln gelähmt sind, außerordentlich behindert. Denn es gibt keine Muskeln außer ihnen, welche auf das Becken in gleicher Weise wirken können. Am lebhaftesten ist ihr Spiel beim Rundtanz, je schneller Spiel- und Standbein abwechseln und je mehr das Spielbein im Tanz geschwungen wird. Die beiden Wirkungsweisen der kleinen Glutäen (auf das Spielbein hin und vom Standbein aus) erfolgen im Tanz bei beiden unteren Gliedmaßen alternierend ohne Pause.

Bei Schwäche der beiderseitigen kleinen Glutäen ist der Gang watschelnd wie bei einer Ente. Das Bild ist besonders bekannt von Menschen mit angeborener Hüftgelenkluxation, die beiderseits auftreten kann. Da der Gelenkkopf nicht in der

Pfanne, sondern oberhalb auf der Darmschaufel steht, so sind die kleinen Glutäen zu sehr zusammengeschoben, als daß sie noch arbeiten könnten. Das ist gleichsam eine experimentelle Ausschaltung beider Muskeln; der Effekt zeigt im Gegenbild, was sie in der Norm vermögen. Der Gang wird bereits behindert, wenn der Tonus des Medius und Minimus wegfällt, weil dann das Spielbein beim Durchschwingen an das Standbein anstößt; denn die Adduktoren haben dann kein genügendes Gegengewicht mehr und ziehen lediglich durch Muskelgewicht und -spannung den Oberschenkel nach innen (Abb. 247).

Versteckte Lage

Der Minimus liegt versteckt unter dem Glutaeus medius (Abb. 127) und Tensor fasciae latae (Abb. 95). Sein hinterer Rand wird etwas vom Piriformis überdeckt (Abb. 120). Seine Unterfläche liegt unmittelbar auf der Kapsel des Hüftgelenkes. Sie ist an dem Hauptverstärkungsband, Ligamentum iliofemorale Bertini, befestigt (Abb. 262). Dieses Halfter verhindert, daß der Muskel über den großen Rollhügel nach hinten zu hinüberschnappt, was er sonst wegen der Lage der Insertion zum Knochen tun müßte. Zwischen Medius und Minimus ist am Vorderrand gelegentlich (selten) ein separater Muskel eingeschoben, welcher als reiner Einwärtsroller funktioniert (M. scansorius bei Affen).

Innervation: N. glutaeus superior aus dem Plexus sacralis. Der Nerv läuft vom Foramen suprapiriforme aus auf der Außenseite des Muskels zwischen Mitte und Ursprung. Da er vom Hinterrand des Muskels herkommt, sind Verletzungen um so eingreifender, je weiter sie den Muskel hinten treffen, da dann der ganze Muskel atrophiert. Wie beim Deltamuskel ist im Falle der Wahl möglichst nahe dem Vorderrand zu operieren. Segmentale Nerven: L 4—5, S 1. Blutzufuhr: Art. glutaea superior aus A. hypogastrica, A. circumflex. fem. lat. aus A. femoralis. Schleimbeutel: fast regelmäßig zwischen großem Rollhügel und Sehne und oft zwischen den Sehnenfasern, Bursa trochanterica m. glut. minimi.

M. glutaeus medius (Tab. Nr. 7), Abb. 60, 87, 96, 127, 131, 246, 248

Musculus glutaeus medius. Der Muskel ist größer als der vorige, hat aber die gleiche dreieckige Form mit nach unten gewendeter Spitze. Die Basis des Dreiecks entspringt fleischig auf der sichelförmigen Fläche der Außenseite des Darmbeines, welche von dem Hüftbeinkamm, der Linea glutaea posterior und L. glut. anterior superior begrenzt ist (Abb. 281). Die Hauptmasse der Fasern liegt nach hinten vom Drehpunkt des Hüftgelenkes (beim Minimus liegt sie, wie wir sahen, nach vorn). Auch die Insertion an der Außenseite des Trochanter major (Abb. 246a) liegt dorsal von der des Minimus und dorsal von der frontalen Querachse des Hüftgelenkes. Die Muskelbündel vereinigen sich fiedrig in einer Endsehne, welche außen kurz zu sein scheint, nahe dem Hinterrand höher hinaufreicht (Abb. 127) und im Innern des Muskels immer sehr ausgedehnt ist. Die Sehnenfasern stoßen unmittelbar an die Ursprungsaponeurose des M. vastus lateralis an und gehen teilweise in sie über.

Die Wirkung beim Spielbein und Standbein ist in der Hauptsache gleich der des Glut. minimus und dort beschrieben. Wegen der größeren Masse des Muskelfleisches ist das abduktorische Moment (Abb. 247) um mehr als das Doppelte größer als beim Minimus. Das kommt vor allem der Seitenneigung des Beckens beim Gehen und beim Stehen auf einem Bein zugute.

Aponeurose

Eine Besonderheit des Glutaeus medius ist die sehnige Verstärkung der im übrigen sehr dünnen Faszie auf seiner Außenfläche. Der Muskel liegt in seiner ganzen oberen und vorderen Partie unmittelbar unter der Haut (Abb. 87, 60). Diese Partie ist aponeurotisch (Abb. 248). Die Sehnenfasern beginnen am Darmbeinkamm und sind dort an einer besonderen dreieckigen Apophyse befestigt, Tuber glutaeum anterius (Abb. 127). Sie verlaufen senkrecht in der Richtung auf den großen Rollhügel hinab und dienen an ihrer Unterfläche vielen Muskelfasern zum Ursprung. Deshalb wölbt sich die oberflächliche Partie des Muskels weit weniger vor als die benachbarten Muskeln. Von der Mitte des Muskels ab wird die Aponeurose selbständig und von hier ab durch eine besondere Faszie vom Muskelfleisch geschieden. Sie ist hinab bis zur Oberkante der Tibia zu verfolgen und gibt dem Tractus iliotibialis (Abb. 248) einen beträchtlichen Zuschuß und den Namen. Dieser Sehnenstreifen wird beim Tensor fasciae latae beschrieben werden.

Nach hinten ist der Glut. medius vom Glutaeus maximus bedeckt, sein Vorderrand wird vom Tensor fasciae latae umfaßt (Abb. 281 zeigt das Bett des Muskels auf der Innenfläche des Tensor). Kontraktionen des gemeinsamen Vorderrandes der kleinen Glutäen machen sich deshalb durch verstärkte Vorwölbung des Tensorwulstes auch äußerlich bemerkbar. — Über die Faszie siehe S. 502.

Innervation und Blutzufuhr wie beim vorigen. Die Nerven und Gefäße liegen auf der Unterfläche des Muskels. Ein bis zwei Schleimbeutel liegen zwischen der Sehne und dem großen Rollhügel, Bursae trochantericae m. glut. medii.

M. tensor fasc. lat. (Tab. Nr. 8), 85—87, **95**, 96, 99, 100, 103, 246, **248**, 279, 281

Musculus tensor fasciae latae. Er ist eine Abspaltung des vorigen, welche sich beim menschlichen Embryo vom Vorderrand der gemeinsamen Anlage ablöst und statt am Trochanter an der Oberschenkelbinde, Fascia lata, inseriert. Der Ursprung neben dem vorderen Darmbeinstachel bleibt mit dem Glutaeus medius zeitlebens vereint; beide Muskeln können nur künstlich an dieser Stelle getrennt werden. Auch die Innervation durch den Nervus glutaeus superior ist bei beiden gleich. Die Wirkung des Tensor ist infolge der veränderten Insertion und Lage eine besondere geworden. Das platte Muskelband, das ca. 4—7 cm breit ist und aus parallel geordneten Fasern besteht, liegt von allen Muskeln dieser Gruppe am weitesten vorn (Abb. 248). Es formt unterhalb des Darmbeinstachels den Seitenkontur des Oberschenkels in der Ansicht von vorn (Abb. 100). Die Sehnenfasern, welche an der Grenze zwischen oberem und mittlerem Drittel des Oberschenkels oder schon etwas höher an die Muskelfasern anschließen, sind in der Fascia lata als Tractus iliotibialis (Maissiati) bis zum oberen Rand der Tibia zu verfolgen (Abb. 248); sie sind in die Oberschenkelbinde eingewebt. Bei mageren Menschen kann man in seltenen Fällen den Sehnenstreifen sogar durch die Haut sehen (Abb. 86). Durch diese Befestigung gewinnt der Muskel einen Halt am Unterschenkel und an der ganzen Fascia lata, welche wie eine eng ansitzende Reithose die Oberschenkelmuskulatur einhüllt und deshalb durch Muskelkontraktionen in ihrem Innern prall gespannt wird. Der Tensor kann seinerseits die Fascia lata in der Längsrichtung spannen und das Kniegelenk strecken. Viel stärker wirkt er aber auf das Hüftgelenk. Denn er läuft der durchschnittlichen Richtung des Iliopsoas parallel (Abb. 246a). Er hebt wie dieser den Oberschenkel des Spielbeines gegen das Becken und senkt beim Standbein das Becken gegen den Oberschenkel.

Wie geeignet er für diese Bewegungen ist, geht aus pathologischen Zuständen hervor, in welchen der Muskel stark geschrumpft sein kann. Das Becken steht dann auf der erkrankten Körperseite dauernd so sehr dem Oberschenkel genähert, daß die Wirbelsäule stark nach hinten durchgebogen werden muß, damit der Rumpf nicht vornüber stürzt. Ist der Iliopsoas gelähmt, so kann der Tensor für ihn das Bein nach vorn bringen; er wird dann hypertrophisch. Aber der Gang ist trotzdem sehr behindert, weil das Moment des Muskels viel geringer als bei dem Iliopsoas ist, welcher den Kopf des Femur als Hypomochlion benutzt (Abb. 103).

Bei schlaffem Quadrizeps ist es möglich, den Muskelbauch durch energische Kontraktionen des Tensors medialwärts zu drängen. Der kontrahierte Quadrizeps dagegen dient als Stützpunkt für den Tensor wie ein Hypomochlion und steigert dessen Wirkung. Die Lage des Tensor zum Hüftbeinstachel ist danach etwas wechselnd und die Rollwirkung inkonstant. Er kann das Femur einwärts rollen und die auswärtsrotierende Komponente des Iliopsoas unter Umständen kompensieren. Auch ab- und adduktorische Komponenten treten auf, sind aber nicht bedeutend. Der Tensor und der Rectus femoris (S. 558) unterstützen die Verstärkungsbänder der vorderen Kapselwand des Hüftgelenkes darin, daß das Femur in diesem Gelenk nicht wesentlich über die Senkrechte hinaus nach hinten gehoben werden kann (S. 485).

Über die Lage des Muskels zu den übrigen Oberschenkelmuskeln siehe Abb. 99. Er ist in eine Scheide der Fascia lata eingebettet (siehe Oberschenkel) und manchmal, wie in dem hier abgebildeten Fall, verdoppelt (Abb. 95).

Tractus iliotibialis (Maissiati)

Der Tractus iliotibialis oder Maissiatsche Streifen (Abb. 248) ist breiter als das Muskelband des Tensor. Es gehören zu ihm außer Sehnenfasern, welche den Tensor fortsetzen, andere längsverlaufende, in die Oberschenkelbinde



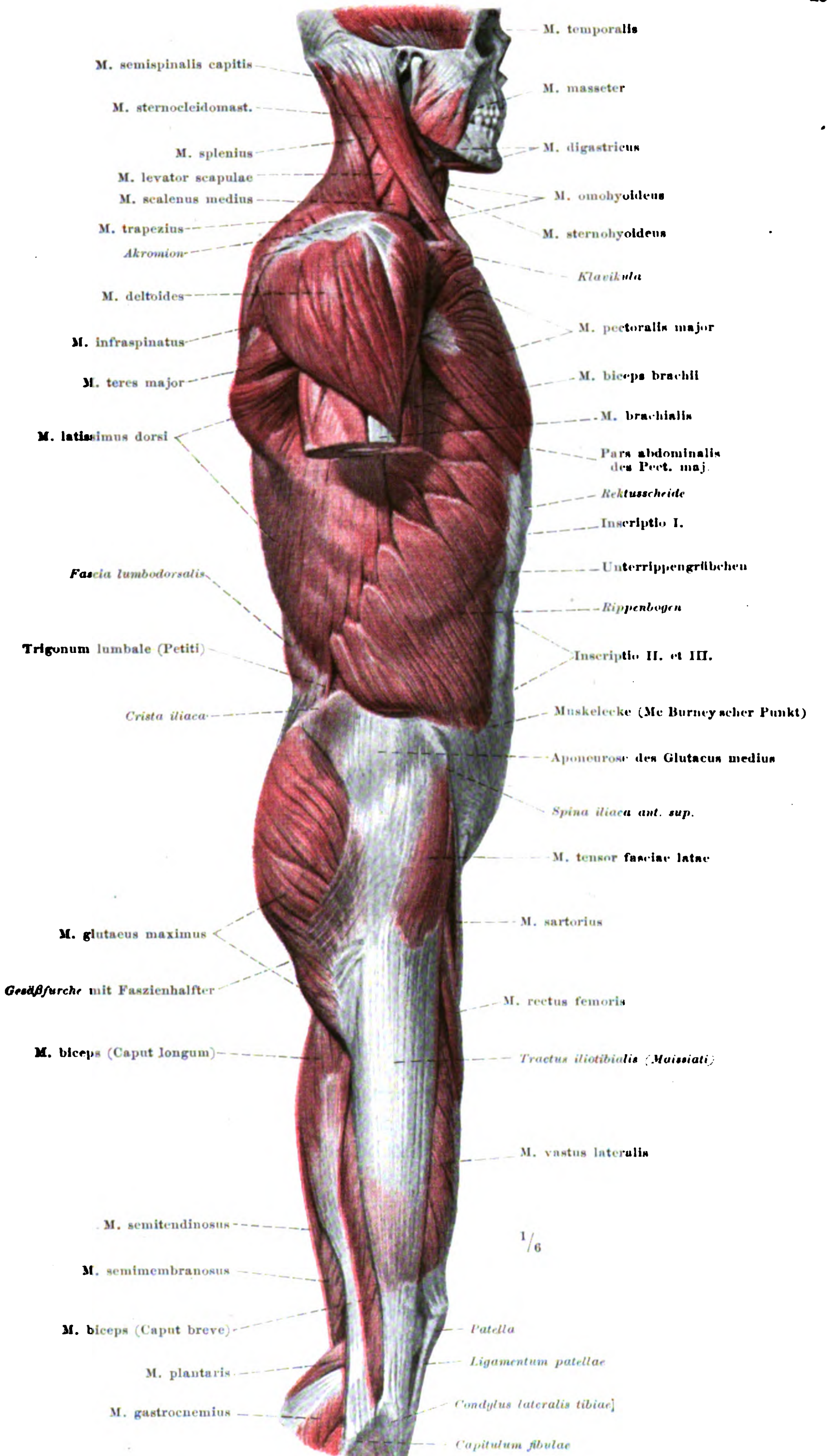


Abb. 248. Oberflächlichste Muskeln des Körpers. Seitenansicht (Muskeltorso, vgl. Seitenansichten tieferer Schichten Abb. 120, 103, 90).

eingewebte Sehnenzüge, welche von der Aponeurose des M. glutaeus medius und von den oberen Bündeln des M. glut. maximus ausgehen. Der Ursprung ist somit dreifach. Der durch die gespannte Schenkelbinde fixierte Streifen hält von vorn durch den Tensor und von hinten durch den Glutaeus maximus das Becken wie mit einer Greifkralle gepackt und schützt es gegebenen Falles davor, nach vorn oder hinten umzukippen. Was der Iliopsoas und der Glutaeus maximus für die aufrechte Körperhaltung von ihren Insertionen am Femur aus vermögen, ist hier in einem oberflächlichen Element der Fascia lata vereinigt. Die Kraft dieses Elementes ist allerdings viel geringer als die jener beiden zusammen; der Iliopsoas für sich hat mindestens das sechsfache Drehungsmoment von der Normalstellung aus als der Tensor. Sind alle Oberschenkelmuskeln gespannt wie beim strammen militärischen Stehen, so wird das volle Moment des Traktus mit seinen beiden Muskeln wirksam. Die dritte Komponente ist als dreieckige sehnige Platte zwischen die beiden Randmuskeln eingespannt; sie reguliert die Distanz der letzteren am Becken und hat außerdem Beziehungen zur Gesäßfurche (S. 502).

Man zählt drei Ursprünge und drei Insertionen des Tractus iliotibialis. Es gibt außer der Insertion an der Tibia noch minder wichtige an der Kniescheibe und am Femur (S. 565).

Innervation: N. glutaeus superior. Der Ast für den Tensor tritt ca. 5 cm unterhalb des oberen vorderen Darmbeinstachels aus dem Vorderrand des M. glutaeus medius und minimus heraus, etwa der Grenze beider Muskeln entsprechend, läuft 1 cm lang zwischen den Muskeln abwärts und tritt dann erst mit den Gefäßen an die Unterseite des Tensor in die Mitte seiner Länge ein. Da der Iliopsoas von einer ganz anderen Stelle des Beckens aus innerviert wird (prozonal) als der Tensor (metazonal), so bleibt bei Verletzungen mindestens einer von ihnen erhalten: doppelte, wenn auch unvollkommene Sicherung des aufrechten Gehens. Segmentale Nerven: L 4—L 5, S 1. Blutzufuhr: wie bei Glut. minimus und medius.

M. glutaeus maxim. (Tab. Nr. 9); Abb. 60, 127, **131**, 229, 246 b, 249

Musculus glutaeus maximus. Er liegt beim menschlichen Embryo anfangs nur über dem Piriformis, doch dehnt er sich nach oben und unten aus, bis er weitaus der stärkste Gesäßmuskel und einer der leistungsfähigsten Muskeln des ganzen Körpers wird. An Gewicht übertrifft er die kleinen Glutaei zusammen. Von anderen Muskeln unseres Körpers übertreffen ihn an Fleischgewicht nur wenige (z. B. am Bein der Quadrizeps). Sehr charakteristisch sind die groben derben Bündel seines Fleisches, die schräg von innen oben nach außen unten ziehen und bei mageren Leuten durch die Haut sichtbar sein können (Abb. 249). Sie sind durch mächtige Bindegewebssepten voneinander getrennt und reichen durch die ganze Dicke des Muskels hindurch bis auf die Unterfläche.

Für den Anfänger besteht bei der Präparation des Muskels die Gefahr, den Septen zwischen den Muskelbündeln zu folgen und sich in das Innere des Muskels zu verirren, anstatt bloß die Oberfläche des Muskelfleisches zu reinigen.

Der Ursprung des Glutaeus maximus ist nur an wenigen Knochenpunkten direkt befestigt (hinterster Teil des Darmbeinkammes, die Spina iliaca posterior superior umgreifend, seitlicher Rand des Kreuz- und Steißbeines, Abb. 246 b). Die größte Masse der Muskelfasern entspringt von dem Lig. sacrotuberosum, einer Arkade, ähnlich dem POUPARTschen Band; die Arkade überbrückt den Zwischenraum zwischen Kreuz- und Darmbein einerseits und dem Sitzknorren andrerseits, so daß auch der Sitzknorren indirekt als Angriffspunkt des Muskels benutzt wird. Die aponeurotische Fascia lumbodorsalis über dem Sakralteil der tiefen Rückenmuskeln hat ebenfalls Muskelanheftungen (Abb. 127, rechts); sie überträgt die Muskelkraft des Maximus auf die unteren Wirbeldornen (Abb. 246 b, punktierter Teil des Pfeiles). Endlich wird die aponeurotische Faszie des Glutaeus medius von an Zahl individuell wechselnden Muskelbündeln des Maximus als Ursprung benutzt.

Das Muskelfleisch geht, ehe es den großen Rollhügel erreicht, in einen breiten oberflächlichen Sehnenspiegel über, welcher im Oberflächenbild als leichte Delle sichtbar ist, Trochantergrube (Abb. 86). Der Rollhügel ist hier durch die platte Sehne hindurch fühlbar und oft als leichte Erhebung inmitten der Delle sichtbar. Das Muskelfleisch ist, je mehr der Muskel kontrahiert ist, um so deutlicher als Wulst etwas hinter dem großen Rollhügel zu sehen und umgibt ihn oft nierenförmig (Abb. 60). Nur die Muskelfasern der unteren zwei Drittel des Muskels inserieren an einer besonderen Rauhigkeit des Femur, Tuberositas glutaea femoris. Trochantergrube

In ca. 30% der Fälle findet sich statt dessen ein besonderer Knochenhöcker, Trochanter tertius. Bei einzelnen Huftieren (Pferd, Rhinozeros) ist er sogar größer als der „große" Rollhügel. Nicht der aufrechte Gang allein veranlaßt die progrediente Entwicklung der Insertion am Femur (siehe unten).

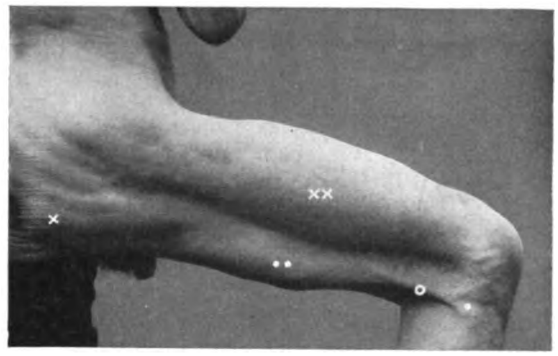


Abb. 249. Oberschenkel. Außenseite. Sehr magerer, aber muskelkräftiger Mann (siehe Muskelrelief Abb. 248). × Bündel des Glutaeus maximus. × × Vastus lateralis. . Capitulum fibulae. . . Biceps femoris. o Sehne des Bizeps.

Das obere Drittel des Glutaeus maximus, welches die gleiche Richtung wie die hinteren Bündel der kleinen Glutäen hat und diese bedeckt, inseriert durch Vermittelung der Fascia lata des Oberschenkels am Oberrand der Tibia, überspringt also Hüft- und Kniegelenk. Diese Sehnenfasern schließen sich innerhalb der Oberschenkelbinde den Sehnen des Tensor fasciae latae an und bilden mit ihnen den Tractus iliotibialis (Abb. 248).

Der erschlaffte oder passiv gedehnte Muskel ist rautenförmig und verdeckt im Stehen den Sitzknorren (Abb. 127). Wird der Muskel innerviert, so wird ein dreieckiges Insertionsfeld, welches unterhalb des Gesäßes liegt, durch aberrierende Sehnenbündel des Tractus iliotibialis gegen den Oberschenkel gedrückt, der vorquellende Muskelbauch ist nur auf das Gesäß beschränkt und formt hier eine viereckige Vorwölbung (Hinterbacke, Abb. 229, rechts). Man beachte, daß der untere, horizontal gestellte Rand des Feldes, die Gesäßfurche, keineswegs den Muskelgrenzen entspricht, sondern nur auf einem Kompromiß aus Muskel- und Faszienzug beruht. Erschlafft der Muskel, so ist die Gesäßfurche verwischt (Abb. 229, linkes Bein) oder ganz verschwunden. Das wirkliche Standbein beim scheinbaren Stehen auf beiden Füßen läßt sich daran erkennen, daß es allein eine Gesäßfurche aufweist. Besonders klar wird die Beziehung zum Maximus bei Lähmung des letzteren: denn dabei verstreicht die Glutäalfalte gerade so wie beim Spielbein, bei dem auch der Maximus unbenutzt ist. Beziehung zur Gesäßfurche und Sitzstelle

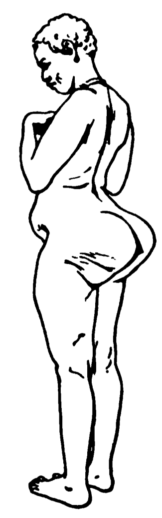
Die schräge Richtung des Unterrandes des Muskels selbst ändert sich, wenn der Oberschenkel nach vorn gehoben wird; denn die Insertionsstelle am Femur wird um so mehr nach vorn verschoben, je weiter sie vom Drehpunkt entfernt liegt. Dies ist ein großer Vorteil für den Muskel im Sitzen. Denn der Unterrand des Glutaeus maximus wird automatisch so beiseite geschoben, daß der Sitzknorren unmittelbar unter die Haut zu liegen kommt. Wie überall werden auch hier große Dauerbelastungen in unserem Körper von weniger vitalen Gewebsformen und nicht von dem empfindlichen Muskelgewebe aufgefangen.

Die Orthopäden wissen das am besten; sie belasten deshalb mit ihren Apparaten nie Muskeln, sondern möglichst nur unmittelbar mit Haut bedeckte Knochenstellen. Die Haut auf dem Sitzknorren hält nur bei schweren Störungen des Allgemeinbefindens dem Druck beim Sitzen nicht stand (Dekubitus). Sie ist wegen ihrer relativen Unempfindlichkeit bei Verlust eines Beines u. ä. der erprobte Stützpunkt für alle Arten von Gehschienen.

Schleimbeutel auf dem Sitzknorren sind nicht konstant und liegen, wenn sie vorkommen, meistens weiter oben als die eigentliche Sitzstelle (Bursa subcutanea ischiadica, Bursa m. bicipitis femoris superior). Es gibt auch einen inkonstanten Schleimbeutel auf den Cornua sacralia und coccygea (Bursa subcutanea sacralis) und einen auf dem Steißbein (Bursa coccygea); diese liegen beim Sitzen wirklich unter der belasteten Haut, doch weicht die harte Unterlage, das Steißbein, im Sitzen nach oben aus, solange es beweglich ist.

Fascia glutaea Fettsteiß

Die Faszie auf der Oberfläche des Glutaeus maximus und Glutaeus medius ist dünn und mit den Bindegewebssepten zwischen den groben Muskelbündeln verwachsen, so daß sie gegen den Muskel nicht verschieblich ist wie ihre Fortsetzung, die Fascia lata, am Oberschenkel. Zweckmäßig wird sie auch durch die Benennung von letzterer unterschieden: Fascia glutaea s. coxae. Über dem Glutaeus maximus ist sie verstärkt durch die oben beschriebenen aponeurotischen Züge aus dem Tractus iliotibialis. Sie sind ein Faszienhalfter, welches vom Hüftkamm und der sehnigen Oberfläche des Glutaeus medius in die Gegend der Gesäßfurche ausstrahlt (Abb. 131, 248) und mit der Haut fest verwachsen ist. Durch diese Anordnung ist dem Fettpolster der Gesäßgegend eine Schranke gesetzt, über welche es nicht zum Oberschenkel absinken kann. Das subkutane Fett, welches hauptsächlich bei der Frau sehr stark entwickelt zu sein pflegt und selbst bei sonst starker Abmagerung in der Gesäßgegend lange erhalten bleibt, ist ein sehr wichtiger Faktor für die Wölbung der Hinterbacken.


Abb. 250. Hottentottin (nach Photo in Martin, Lehrbuch der Anthropologie).

Bei Hottentottinnen ist ein Fettsteiß entwickelt, Steatopygie (Abb. 250). Außer dem reichlichen subkutanen Fett der Glutäalgegend sind auch die habituelle steile Stellung des Beckens und die dadurch bedingte starke Lordose der Lendenwirbelsäule bei vielen Negerstämmen mit daran beteiligt, daß die Gesäßgegend besonders nach hinten ausladet. Bei wenig geneigtem Becken kann das Gesäß auffallend flach aussehen (Estinnen). Steatopyge Frauentypen sind an verschiedenen Punkten der Erde in Zeichnungen aus der Steinzeit abgebildet. Zum mindesten ist die ästhetische Würdigung, wenn nicht die Verbreitung dieses Typus damals allgemeiner als heute gewesen.

Die Faszie des Glutaeus medius setzt sich unter den Glutaeus maximus in lockeres Bindegewebe auf den Piriformis, Obturator internus und Quadratus fort, Tiefenfaszie; sie hängt mit dem Bindegewebe zusammen, welches am Oberschenkel zwischen den Beugern und dem Adductor magnus liegt. Der Glutaeus medius liegt also in einem Fach, welches oberflächlich von einer wenig nachgiebigen Aponeurose (S. 497) und in der Tiefe von dem ganz unnachgiebigen Knochen gebildet ist. Dieses Fach ist nach unten zu von dem dicken Glutaeus maximus und dem subkutanen Fett des Gesäßes überwölbt. Pathologische Ergüsse (Blut, Eiter usw.) können deshalb hier, von außen unbemerkbar, große Ausdehnung gewinnen und schließlich am Knie oder erst am Knöchel unter die Haut durchbrechen. Über Wege in das kleine Becken siehe S. 464. Selbst blutige Verfärbungen der Haut (Blutunterlaufen) fehlen über dem Glutaeus medius bei Hämatomen innerhalb des Muskels: so gut deckt ihn die aponeurotische Faszie.

Bedeutung für das Stehen und Gehen

Die Wirkung des Glutaeus maximus für die Aufrechterhaltung des Körpers im Stehen und Gehen ist am wichtigsten. Die enorme Entwicklung beim Menschen, die dem Gesäß die charakteristische Form gibt, beruht darauf. Die Oberkörperlast hat das Bestreben, durch ihr Gewicht die Hüfte nach vorn und das Knie nach hinten einzuknicken; beide Gelenke sind

in entgegengesetzter Richtung durch passive Apparate gesperrt, die weiter unten zu behandeln sind. Große Muskelmassen, wie der Glutaeus maximus an der Hinterseite der Hüfte und der Quadrizeps an der Vorderseite des Oberschenkels, die an Fleischgewicht und Faserlänge miteinander konkurrieren, sind aufgehäuft, um unter allen Umständen zu verhindern, daß die Tragsäulen des Körpers an den genannten Punkten einknicken, solange das Oberkörpergewicht auf ihnen lastet (Standbein). Beim gewöhnlichen Gehen und Stehen sind allerdings diese Muskeln nicht in Tätigkeit; denn wir vermögen den Körper durch die lebendigen Spannungen (Tonus) der nicht willkürlich innervierten Muskelmassen so zu balancieren, daß er im labilen Gleichgewicht in den Gelenken der unteren Extremität wie von selbst aufrecht steht. Der Glutaeus maximus, den man durch die Haut bequem umgreifen kann, fühlt sich ganz schlaff an; bei Lähmungen beider Maximi ist gewöhnliches Gehen und Stehen auf ebenem Boden wohl möglich. Sowie aber die geringste Störung eintritt, sei es, daß die richtige Lagerung des Schwerpunktes des Oberkörpers durch Versagen des Zentralorgans erschwert ist (z. B. Alkohol), sei es, daß der Körper durch eine Last, die er zu tragen hat, oder durch komplizierteres Gehen auf unebenem Boden Schwierigkeiten in der Ausbalancierung zu überwinden hat, so kontrahieren sich sofort die großen Gesäßmuskeln. Sie bewachen und kontrollieren unter dem unbewußten Einfluß der zugeordneten Nervenzentren andauernd unsere Haltung.

Der Glutaeus maximus verhindert, daß das Becken nach vorn überkippt (Anteversion). Denn seine Gesamtmasse liegt hinter der Querachse durch die beiden Hüftgelenke und hat ein um so größeres Moment, je weiter die Fasern am Schenkel herunterreichen; die unteren Fasern sind durch die zuletzt erworbene distale Verschiebung der Insertion am Femur, die oberen durch die Befestigung an der Fascia lata und indirekt am Unterschenkel besonders wirksam (Abb. 246b). Die großen Gesäßmuskeln sind bei der straffen militärischen Haltung stark kontrahiert, weil in dieser Haltung der Oberkörper nach vorn verschoben wird, so daß der Schwerpunkt vor die Hüft-, Knie- und Fußgelenkdrehpunkte zu liegen kommt. Insbesondere beim Treppen- oder Bergsteigen kann man sehr leicht ihr Hartwerden fühlen. Die Kontraktion stellt sich ebenso regelmäßig beim Aufstehen aus dem Sitzen, beim Laufen, Springen und Tanzen ein.

Durch die Beziehungen des Muskels zu den unteren Lendenwirbeln kann er das Becken im ganzen nach vorn drängen; die Bewegung findet sowohl in den Hüftgelenken wie auch in den Verbindungen der unteren Lendenwirbel untereinander und mit dem Kreuzbein statt (Koitus). Alle anderen Wirkungen auf das Becken sind minder wichtig. Insbesondere ist beim Gehen für die richtige Seitenneigung des Beckens ein Ersatz der kleinen Glutäen durch den Maximus nicht möglich (Standbein). Bei gelähmten Maximi werden alle forcierten Gangarten und besonders das Aufstehen aus dem Sitzen unmöglich, dagegen nicht, wie schon oben erwähnt, das gewöhnliche Stehen und Gehen auf ebenem Boden.

Wirkungen auf Spielbein und After

Die meisten Fasern des Maximus liegen unterhalb des Drehpunktes im Hüftgelenk (Abb. 127, Ende des Verweisungsstriches des Caput femoris, links; vgl. damit Kontur des Maximus); sie adduzieren den Oberschenkel, sind also Antagonisten der oberen Fasern, welche mit den kleinen Glutaei zusammen abduzieren. Alle Fasern zusammen sind Auswärtsroller und kräftige Rückheber des Beines. Bei festgestelltem Becken und Oberschenkel nähern sich die kontrahierten Maximi in der Afterrinne (-kimme) und helfen bei heftigem Stuhldrang dem eigentlichen Sphinkter des Mastdarmes (siehe Bd. II), den Verschluß des Afters aufrecht zu erhalten. Das erfordert oft eine erhebliche Willensanstrengung.

Innervation: N. glutaeus inferior. Er tritt durch das Foramen infrapiriforme aus dem Becken heraus und strahlt von dort aus pinselförmig etwa in die

Mitte der Unterfläche des Muskels ein. Infolge der Dicke des Muskelfleisches sind in den oberen Schichten nur mehr feinste Nervenästchen zu finden; deshalb wird er für intramuskuläre Injektionen bevorzugt (Salvarsan). Auf der Oberfläche der Muskelfaszie liegen sensible Nerven (Nn. clunium). Daher können bei Hieben auf das Gesäß, für welche die dicke Muskulatur ein ungefährliches Objekt zu sein schien, Sexualstörungen ausgelöst werden (J. J. ROUSSEAU). Segmentale Nerven: L 5, S 1—2. Blutzufuhr: A. glutaea inferior und R. sup. der Art. glut. sup. aus A. hypogastrica; A. circumflexa femoris medialis aus A. femoralis; A. perforans prima aus A. profunda femoris. Schleimbeutel: Unter der Sehnenkappe, mit welcher der Glutaeus maximus und Tractus iliotibialis den großen Rollhügel umfassen, liegt regelmäßig ein großer, mehrfächeriger Schleimbeutel, Bursa trochanterica m. glut. maximi, welcher sich auch auf die Ursprungssehne des Vastus lateralis fortsetzt. Er mildert die Reibung beim Gleiten der Sehne auf dem Trochanter und den Druck auf Haut und Knochen bei äußerer oder innerer Belastung (Körpergewicht im Liegen auf harter Unterlage). Bei Kindern kann er fehlen. Bindegewebsstränge im Hohlraum, Zotten oder freie knorpelharte Einschlüsse von Linsengröße sind gelegentlich vorhanden. Inkonstant sind ein weiterer kleiner Schleimbeutel zwischen Haut und Sehne am großen Rollhügel, Bursa trochanterica subcutanea, und ein oder mehrere Schleimbeutel zwischen Insertionssehne und Tuberositas glutaea femoris, Bursae glutaeofemorales.

d) Ventrale Muskeln der Hüfte (inkl. Adduktoren des Oberschenkels). Tabelle S. 482, Nr. 10—17.

Ursprungsfelder auf der ventralen Hüftbeinhälfte

Der ursprüngliche Grenzmuskel der dorsalen gegen die ventralen Hüftmuskeln auf der Hinterseite des Beckens ist der M. piriformis. Der M. glutaeus maximus, der einzige Gesäßmuskel, welcher den Piriformis distal überragt, ist beim menschlichen Embryo anfänglich auf die Zone des Piriformis beschränkt und mit ihm im Zusammenhang. Er breitet sich erst sekundär distalwärts aus und überlagert im fertigen Zustand die ventralen Muskeln auf der Hinterseite des Beckens.

Die Ursprungsfelder der ventralen Muskeln umgreifen in unmittelbarer Folge und komplizierter Schichtung das Hüftgelenk. Sie reichen vom Piriformis nach vorn auf die Vorderseite des Beckens bis zum Iliopsoas (Abb. 258). Nirgends überschreiten sie die ventrale Hälfte des Hüftbeins. Insbesondere wird die Grenze gegen den Bauch scharf innegehalten: das Leistenband ist äußerlich eine deutliche Grenze zwischen den Muskeln der vorderen Bauchwand und den Extremitätenmuskeln.

Am Sitzknorren sind die Ursprünge der drei Beuger des Oberschenkels angeheftet (Abb. 246b); trotz dieser Einschiebung bleibt keine wesentliche Lücke zwischen den ventralen Hüftmuskeln frei (Abb. 254).

Auswärtsroller des Oberschenkels

Untereinander stimmen die ventralen Hüftmuskeln darin überein, daß sie alle wichtig für die Kontrolle des Körpergleichgewichtes in der aufrechten Haltung sind, insbesondere die Adduktorengruppe unter ihnen. Sie sind ferner alle Auswärtsroller des Oberschenkels. In der Normalstellung des Beines ist Einwärtsroller lediglich der vordere Teil der kleinen Glutäen. Erinnern wir uns, daß auch der Iliopsoas nach außen rotieren kann, so stehen an der Hüfte zahlreiche und gewaltige Auswärtsroller gegen wenige und nicht besonders starke Einwärtsroller. Diese Massenverteilung erleichtert uns bei gewollter Innervation die übliche Drehung der Fußspitzen nach außen, welche im Stehen eine breitere und sicherere Grundfläche als bei parallel gestellten Füßen vermittelt.

Bei erschlaffter Muskulatur rotiert das Bein des ungeschulten Körpers, wie bei Kindern besonders zu sehen ist, etwas einwärts, so daß die Fußspitzen leicht konvergieren. Das beruht auf Einrichtungen des Hüftgelenkes und Einwirkungen der Schwere, die später behandelt werden.

Sonst ist die Wirkung der ventralen Hüftmuskeln sehr verschiedenartig; sie sind am Vor- und Rückheben, an der Ad- und Abduktion des Beines beteiligt und an den entsprechenden Bewegungen des Beckens gegen den Schenkel.

Der M. gracilis greift über das Hüftgelenk hinaus; er inseriert am Unterschenkel, ist also zweigelenkig. Er gehört aber seiner Entwicklung nach zu den Adduktoren (S. 483).

M. obturator internus cum gemellis (Tab. Nr. 10), 59, 97, 120, 127, 246, 251, 254, 255

Musculus obturator internus cum gemellis. Der buchartig zusammengeklappte Muskel besteht aus drei Ursprungsköpfen, aus den zwei kleinen Mm. gemelli und aus dem großen M. obturator internus selbst (Abb. 251). Der proximale Gemellus superior entspringt am Sitzbeinstachel, der distale Gemellus inferior am obersten Auslauf des Sitzbeinhöckers (Abb. 246b). Beide sind gelegentlich in der Tiefe unter dem Obturator durch Muskelfleisch verbunden, dessen Fasern längs dem oberen Sitzbeinast entspringen (Abb. 97). Die getrennten Gemelli sind nichts anderes als die übrigbleibenden Randpartien dieser tiefen Muskelschicht (Pars profunda). Der mittlere Kopf, der jetzige Obturator internus, ist eine oberflächliche Muskelschicht (Pars superficialis), welche sich in der Entwicklungsgeschichte des menschlichen Embryo durch das Foramen ischiadicum minus hindurch an die Innenfläche des kleinen Beckens vorschiebt. Die Innervation ist beim Erwachsenen Zeuge dieses Verschiebungsprozesses. Der endopelvine Teil ist fächerförmig auf der Innenseite der Membrana obturatoria und auf dem knöchernen Skelettrahmen der Membran ausgebreitet und weitaus die größte Masse des Muskels (Abb. 254, 255). Seine Massenentfaltung hat dazu geführt, daß gewöhnlich nur die Ränder der Pars profunda, die Gemelli, übrig bleiben. Er selbst ist außen am Becken relativ klein und größtenteils sehnig.

Abb. 251. Isolierter Musc. obturator internus, natürliche Form.

Der Nerv für den Muskel kommt aus dem Innern des Beckens durch das Foramen ischiadicum majus heraus und kehrt innerhalb des Muskelfleisches des Obturat. int. rückläufig durch das Foramen ischiadicum minus in das Beckeninnere zurück. Dieser große Umweg des Nervs außen um den Darmbeinstachel herum wäre unnötig, wenn der Muskel von Anfang an auf der Membrana obturatoria gelegen wäre; denn die Austrittsstelle der Nervenwurzeln liegt im Innern des Beckens nicht weit von der Membran entfernt. Der benachbarte M. levator ani (siehe Damm, Bd. II) erhält wirklich seinen Nerv auf diesem kürzesten Weg. Er ist ein primär an der Innenwand des Beckenknochens befestigter Muskel. Der M. obturator internus ist sekundär dorthin gelangt; ihm folgt der Nerv wie ein Ariadnefaden. Der Piriformis ist auf der Anfangsstufe eines ähnlichen Prozesses stehen geblieben (S. 492).

Hypomochlion u. Schleimbeutel

An der Stelle, wo der versteckte endopelvine Teil des Muskels um den knöchernen Rand des Foramen ischiadicum minus umbiegt (Abb. 255), ist die Unterfläche bereits sehnig. Sie gleitet auf dem Knochen durch Vermittlung eines besonders großen, zwischen beide eingeschalteten konstanten Schleimbeutels, Bursa m. obturatorii interni. Der Muskel ist hier in einem spitzen Winkel umgebogen (Abb. 251) und benutzt den Knochen als Rolle (Hypomochlion). Die Sehne überträgt die gesamte Kraft wie ein Transmissionsriemen auf die Insertionsstelle am großen Rollhügel (an der Innenseite nahe der Spitze, Abb. 246b). Die Richtung der Sehne ist für die Wirkung auf den Oberschenkel allein bestimmend. Sie ist gleich der beider Gemelli, welche seitlich an der Sehne des Obturator internus inserieren. Die Kraft- und Hubhöhe des Gesamtmuskels ist in dem Maße vermehrt, als die Muskelfasern auf der Innenseite des knöchernen Beckens Platz und Raum zur Vermehrung und Verlängerung gefunden haben.

Im äußeren Hautrelief ist von allen drei Köpfen nichts zu sehen, weil der Glutaeus maximus sie bedeckt. Vom Anus aus (bei der Frau von der Vagina aus) kann man unter Umständen den Sitzbeinstachel fühlen, danach die Lage des endopelvinen Teiles des Muskels bestimmen und sogar den Nerv elektrisch reizen.

Fascia obturatoria

Eine derbe Faszie überzieht den endopelvinen Teil, Fascia obturatoria (s. endopelvina). Sie ist die Fortsetzung der Fascia iliaca in das kleine Becken hinein (Abb. 235). Die ursprüngliche Schwanzmuskulatur, welche an der Innenwand des Beckens befestigt ist, hat auf dieser Faszie Ursprung gefaßt. Wie immer in solchen Fällen ist der betreffende Faszienstreifen sehnig verstärkt, Arcus tendineus. Der Schwanzmuskel, welcher von ihm entspringt, heißt M. levator ani; er ist beim Menschen zum muskulösen Beckenboden geworden.

Der Obturator internus ist infolgedessen mit dem proximalen Abschnitt seines endopelvinen Bauches dem Innern der kleinen Beckenhöhle zugewendet; auf diesem Teil seiner Faszie liegt parietales Peritonaeum. Er umfaßt den Canalis obturatorius (Abb. 254). Der distale Abschnitt liegt unterhalb des Beckenbodens und bildet die Außenwand der Fossa ischiorectalis (S. 474); dieser Teil kann nicht mit Peritonaeum in Beziehung stehen. Über den Processus falciformis siehe S. 468 und Abb. 255.

Spezifische Wirkung

Das Moment für die Rollung des Oberschenkels nach außen ist besonders groß, weil der Obt. internus am ideellen Hebel des Femur (Abb. 245) nahe dessen Spitze angreift. Er ist der drittstärkste Auswärtsroller; er wird übertroffen vom Quadratus femoris (Tab. Nr. 11), welcher zwar kleiner, aber genau transversal gerichtet ist, infolgedessen gar keinen Abzug von seiner Rollwirkung erleidet und besonders wirtschaftlich arbeitet; ferner vom Glutaeus maximus, der schräg am Femur angreift, aber an Masse und daher an Dauerleistung dem Obturator internus sehr überlegen ist (4faches Muskelgewicht). Gegenüber dem Quadratus femoris hat er die langen endopelvinen Muskelbündel voraus und kann damit zwar wenig sparsame, aber für besondere Höchstleistungen schnelle und extreme Auswärtsrotationen hervorbringen.

Da er etwas von hinten und unten an die Spitze des Trochanter major herantritt (Abb. 255), so kann er das Bein aus der Normalstellung ein wenig nach hinten ziehen und adduzieren. Bei nach vorn gehobenem Bein (Sitzen) schlägt die Adduktion in Abduktion um. Die Rollwirkung bleibt in jeder Stellung gleich, weil der Muskel annähernd in der Höhe des Drehpunktes des Hüftgelenkes liegt. Er ist darin dem Piriformis sehr ähnlich, der für die Auswärtsrotation fast die gleiche Hebelübersetzung hat.

Der Piriformis ist der viertstärkste Auswärtsroller. Beide Muskeln sind sehr häufig mit ihren Sehnen dicht am Trochanter verwachsen (die Fleischränder sind nie verwachsen, lassen vielmehr zwischen sich das Foramen infrapiriforme für den Durchtritt zahlreicher Gefäße und Nerven frei).

Wird der Oberschenkel in starker Innenrotation fixiert, so ist der endopelvine Teil des Muskels passiv abgeflacht; er wirkt dadurch auf den Arcus tendineus und auf den Ursprung des M. levator ani an diesem. Die Stellung wird eingenommen, um Kotmassen bei der Defäkation und das Kind bei der Geburt freier passieren zu lassen.

Innervation: Drei gesonderte Äste für die Gemelli und den Obturator internus kommen aus dem Plexus sacralis direkt oder mitunter aus dem N. pudendus. Der Ast für den Gemellus superior hat auch Zweige für den Gemellus inferior, ein Zeichen für die Abspaltung beider aus einer ursprünglich gemeinsamen Pars profunda. Die Nerven treten in die Unterfläche der drei Köpfe ein. Zwischen Sehne und Knochen zieht der Nervenast für den Quadratus femoris hindurch; auf der Oberfläche des Muskels liegen alle übrigen aus dem Foramen infrapiriforme austretenden Nerven und Gefäße (S. 464). Das Foramen ischiadicum minus ist nur so weit vom Obturator internus ausgefüllt, daß ein Zugang zur Fossa ischiorectalis übrig bleibt (Abb. 120). Segmentale Nerven: L 4—5, S 1—2 (S 3). Blutzufuhr: Arteria glutaea inferior, A. obturatoria, A. pudenda interna. Schleimbeutel:

Außer der regelmäßigen Bursa zwischen Muskel und Rolle, welche zu den größten des Körpers gehört, ist gelegentlich noch eine zweite kleine zwischen Sehne und Knochen am Trochanter eingeschaltet. Es gibt in seltenen Fällen neben ihr eine besondere Bursa m. piriformis.

Musculus quadratus femoris. In Normalstellung des Beines ist der Muskel rechteckig (Abb. 97); kontrahiert er sich (Außenrotation des Oberschenkels), so wird er quadratisch oder sogar höher als breit. Der Name gilt also nur für eine extreme, nicht für die gewöhnliche Beinstellung des aufrechtstehenden Menschen. Das Ursprungsfeld am Sitzbein schließt an die Muskelfelder der Adduktoren des Oberschenkels an (Abb. 258). Alle zusammen halten den Rand des Skelettrahmens um das Foramen obturatum besetzt. Der Muskel inseriert an der Hinterseite des Oberschenkels hinter dem großen Rollhügel (Abb. 246b). Er überschneidet also den Hüftknochen von vorn und den Hals des Femur von hinten. Er verläuft genau quer, parallel der frontalen Querachse des Hüftgelenkes, aber distal von ihr.

M. quadratus femoris (Tab. Nr. 11), Abb. **97**, 120, 246b, 258

Sehnensubstanz ist fast gar nicht im Quadratus vorhanden; die Muskelbündel liegen schön parallel nebeneinander.

Er liegt ganz versteckt in der Tiefe. Mit seinem proximalen Rand schiebt er sich unter den Gemellus inferior und grenzt mit dem distalen Rand an den Adductor magnus (A. minimus) an. Oberflächlich ist er vom Glutaeus maximus ganz bedeckt; zwischen ihm und der Hüftgelenkkapsel verläuft der M. obturator externus.

Der Muskel wirkt wegen der queren Lage als sparsamster Außenroller des Oberschenkels. Er wird nur von dem mächtigen Glutaeus maximus an Kraft übertroffen. Bei allen Ausschlägen des Femur nach vorn und nach der Seite wird der Muskel sehr stark gedehnt; nur dadurch, daß er dem Drehpunkt ziemlich nahe liegt, ist die Dehnung für die relativ kurzen Muskelfasern nicht zu beträchtlich. Immerhin unterstützt er die Hemmungsbänder der Hüftgelenkskapsel durch die passive Beanspruchung bei extremen Spreizungen und Vorhebungen des Schenkels. Bei der Rückführung in die Normalstellung wirkt er aktiv mit.

Innervation: Ein Ast aus dem N. ischiadicus (N. tibialis) verläuft unter den Gemelli und der Sehne des Obt. internus und tritt in die Unterfläche des Quadratus ein. Der kleinfingerdicke N. ischiad. liegt auf der Oberfläche des Quadratus. Segmentale Nerven: L 4—5, S 1. Blutzufuhr: A. glutaea inferior, A. circumflexa femoris medialis, A. obturatoria.

Musculus obturator externus. Mit diesem Muskel beginnt die Gruppe der „Adduktoren", welche gemeinsam durch den Nervus obturatorius innerviert sind (Tabelle Nr. 12—17). Die Bezeichnung gilt wesentlich für die großen Muskelindividuen der Gruppe. Der M. obturator externus, der kleinste von allen, ist kaum imstande zu adduzieren. Denn seine Richtung steht spitzwinklig zur frontalen Querachse durch das Hüftgelenk (Abb. 246a). Er zieht deshalb den Femurkopf fest in die Gelenkhöhle hinein und hat nur ein ganz geringes Moment, welches den Trochanter major nach unten treiben und damit den Oberschenkel adduzieren könnte. Gegenüber der Fülle der reinen Adduktoren kommt das nicht in Betracht. Er ist vielmehr ein Auswärtsroller wie die vorbeschriebenen Muskeln.

M. obturator externus (Tab. Nr. 12), Abb. **59**, 95, **96**, 103, 127, 246, **252**, 258

Er ist der versteckteste Muskel des ganzen menschlichen Körpers. Um ihn ganz zugänglich zu machen, müssen alle Muskeln seiner Umgebung entfernt werden. Von vorn überdecken ihn der Iliopsoas, Pektineus und Adductor minimus, von hinten der Obturator internus und Quadratus femoris. In die Spalten zwischen je zwei Muskeln der beiden Gruppen muß man vordringen, um ihn zu suchen. Er entspringt wesentlich vom Skelettrahmen des Foramen obturatum auf der Außenseite des Hüftknochens und ist auch auf der Membrana obturatoria selbst angeheftet (Abb. 246a, 258). Hier liegt viel Fett zwischen seinen Ursprüngen. Sie umfassen den Canalis obturatorius.

Versteckte Lage

An der Dorsalseite des knöchernen Rahmens (Sitzbein) bleibt eine Stelle frei; sie nimmt das Ursprungsfeld des Quadratus femoris ein. Der Obturator externus hat einen breiten Muskelbauch, welcher sich zu der runden Insertionssehne konisch verjüngt, aber immer noch breit und fleischig ist, wo er den Sitzbeinrand überschneidet (Abb. 59). Er liegt der Hinterseite des Hüftgelenkes unmittelbar auf und zieht von hinten und innen zum großen Rollhügel (Fossa trochanterica). Die Insertionsstellen des Obturator externus und internus sind am Knochen durch einen deutlichen Zwischenraum getrennt, in welchen Fett eingebettet ist.

Auswärtsroller und Stütze des Hüftgelenkes

Der Obturator ext. wirkt, da er quer gerichtet ist und von hinten her weit außen am Rollhügel angreift, als Auswärtsroller des Oberschenkels. Er wird bei extremen Vorhebungen, Ab- und Adduktionen passiv beansprucht, aber weniger als der Quadratus femoris, weil er dem Drehpunkt des Oberschenkels näher liegt als letzterer. Seine Bedeutung für das Hüftgelenk liegt hauptsächlich darin, daß er bei feststehendem Oberschenkel den Schenkelkopf von unten her hält, weil er schräg unter ihm hinwegzieht (Abb. 252). Die Gelenkkapsel ist sehr weit distal am Femur befestigt, um dem Kopf in der Pfanne genügenden Spielraum zu lassen. Alle Muskelinsertionen sind entsprechend weit distal (auf die Trochanteren und den Schaft des Femur) gerückt. Jeder einzelne hat deshalb das Bestreben, den Kopf aus der Pfanne herauszuheben. Indem der Obturator ext. sich an die gefährdetste Stelle anschmiegt, gibt er dem Kopf des Femur eine regulierbare Stütze.

Die übrigen Muskeln, welche hinten und vorn auf der Hüftgelenkskapsel liegen, vermögen ebenfalls durch ihren Tonus, den Kopf in der Pfanne zu halten. Wie beim Schultergelenk die Außen- und Innenroller, so sind auch beim Hüftgelenk die vorn und hinten zunächst liegenden Muskelsehnen in die Kapsel eingebettet (Iliopsoas, Piriformis, Obturator ext.); sie verstärken die Wand und schützen sie vor Einklemmung. Unter allen Hüftmuskeln ist der Obturator ext. derjenige, welcher fast ausschließlich in den Dienst des Gelenkmechanismus selbst getreten ist. Er gleicht die Nachteile, welche der weit ausladende große Rollhügel für das Gelenk mit sich bringt, wieder aus. Indem der Muskel durch seine Lage dem Gelenk zugeteilt wurde, ist erst diese für so viele Beinbewegungen vorteilhafte Hebelwirkung möglich geworden.

Innervation: Der N. obturatorius gibt einen Ast an die Innenfläche des Muskels. Er gehört zum Ramus posterior dieses Nervs. R. post. und anterior treten entweder gemeinsam am Oberrand des M. obturator. ext. zwischen die Adduktoren, oder der R. posterior läuft durch das Muskelfleisch hindurch und spaltet einen etwa 1 cm breiten Muskelstreifen am Oberrand vom übrigen Muskel ab. Der R. anterior liegt immer an der oberen Kante des Muskels. Er kann im Canalis obturatorius mit eingeklemmt sein (Hernia obturatoria) oder durch Entzündungen der Umgebung (Hüftgelenk) gereizt werden; es treten dann Schmerzen am Knie auf, weil ein Hautast dort endet (Rombergsches Kniephänomen; es verleitet den Unerfahrenen, das gesunde Knie zu behandeln, anstatt des kranken Hüftgelenkes). Segmentale Nerven: (L 2) L 3—4. Blutzufuhr: Arteria obturatoria; sie liegt mit dem Nerv am oberen Rand des Muskels (Abb. 258). A. circumflexa femoris medialis. Schleimbeutel: Zwischen Muskel und Knochen dicht an der Insertion gegen den Quadratus femoris zu liegt eine Ausstülpung der an dieser Stelle sehr dünnen Hüftgelenkskapsel; sie kommuniziert immer mit der Gelenkhöhle.

M. add. magnus u. minimus (Tab. Nr. 13), Abb. 131, 246, **252**, 254—256, 258, 281

Musculus adductor magnus (und M. add. minimus). Der Muskel schließt an den vorigen an, reicht aber bis zum Knieende des Femur herunter und füllt das ganze Dreieck an der Innenseite des Oberschenkelknochens aus (Abb. 252). Der Schaft des Femur steht schräg im Oberschenkel wie ein Stäbchen, das man schräg in einen Gummischlauch einzwängt. Oben stößt der große Rollhügel an die laterale Seite des Schenkels, unten wölbt der Condylus medialis femoris die Medialseite des Schenkelkonturs vor (Abb. 1b). Dieser Schrägstellung des Knochens verdanken die Adduktoren ihren Platz an der Medialseite des Femur; insbesondere der Adductor magnus nutzt den Platz vollkommen aus. Er ist einer der größten Muskeln des Körpers und kommt

beim Mann oft dem Gewicht des Glutaeus maximus nahe, selten ihm gleich. Trotz seiner Größe gelangt er nur an einer ganz kleinen dreieckigen Stelle unterhalb des Sitzknorrens bis unter die Haut (Abb. 131, 256). Im übrigen ist er hinten von den Flexoren und vorn von den übrigen Adduktoren und von den Extensoren, medialwärts vom Grazilis bedeckt. Der Muskel überspringt nur das Hüftgelenk; er ist trotz seiner Länge eingelenkig.

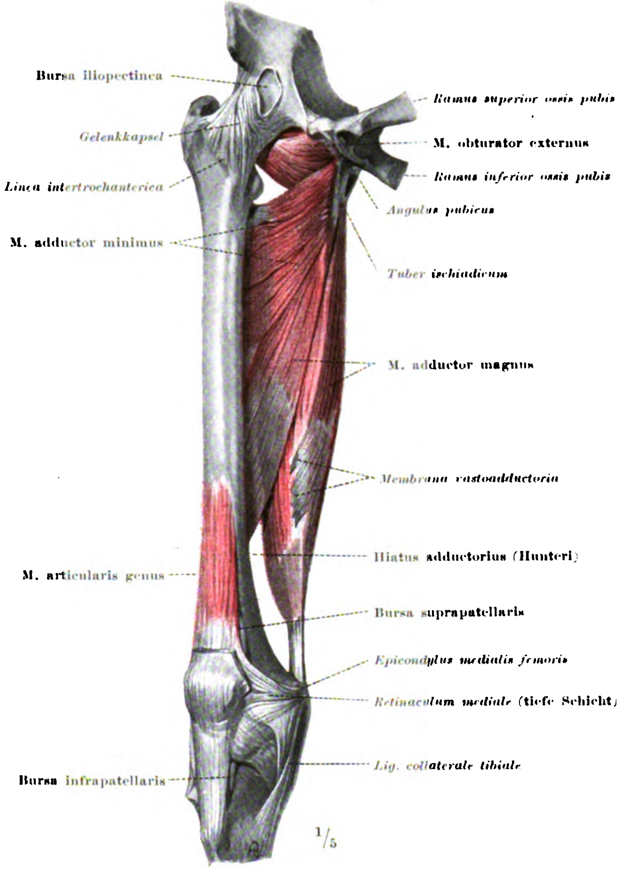


Abb. 252. Teil der Adduktorengruppe, schräg von vorn (Muskeltorso). Die Vorderfläche des Add. magnus und minimus ist ausgehöhlt: Bett für die auf dem Add. magnus liegenden Muskeln (Add. brevis, Add. longus), die entfernt wurden.

Die oberste Partie ist unvollkommen von dem Hauptmuskelbauch getrennt. Man nennt die dreieckige Muskelplatte Adductor minimus (Abb. 252). Das Ursprungsfeld liegt weiter vorn am Becken als das des Adductor magnus (Abb. 258). Die Muskelfasern beider überkreuzen sich (Abb. 246a). Ursprungsfelder der Adduktoren

Denkt man sich um die kreisförmige Grenzlinie der Ursprungsfelder des Obturator externus und Quadratus femoris eine zweite konzentrische Kreislinie gelegt, so entspringen auf ihr der Adductur minimus und der Adductor brevis (hellrote Felder, Abb. 258). Auf einer dritten Kreislinie längs dem Rande des Scham- und Sitzbeines entspringen der Pektineus, Adductor longus, Grazilis und Adductor magnus im engeren Sinn (dunkelrote Felder; Merkwort: Pe-lo-gra-ma). Die gegenseitige Lage der Ursprungsfelder auf den beiden äußeren Kreislinien kann man sich

daran merken, daß sich der kleinste Adduktor, A. minimus, bis unter den größten Adduktor, A. magnus, schiebt, und daß der kurze Adduktor, A. brevis, bis unter den langen Adduktor, A. longus, reicht. Die äußere Muskelreihe liegt unmittelbar unter der Faszie, die zweite ist von einer Muskelschicht, die dritte von mehr als einer Muskelschicht bedeckt. Die oberen Fasern des Adductor minimus verlaufen fast quer, die unteren schräg absteigend zu dem oberen Drittel der Linea aspera femoris.

Auswärtsroller des Spielbeins

Der Add. minimus rotiert den Oberschenkel nach außen wie die kurzen Rollmuskeln, an welche er anschließt (Quadratus usw.). Er ist wie eine Schaufel gebogen, weil er um die vor ihm liegenden Muskelmassen herumgewickelt ist (Abb. 281). Solange sie nicht ganz schlaff sind, benutzt er sie als Hypomochlion und greift an den Querschnitt des Femur in der Richtung der Tangente an, also mit vollster Ausnutzung seiner Kraft. Die Linea aspera ist ein längsverlaufender Knochenkamm auf der Hinterseite des Femur, welche den nach vorn ausgebogenen Knochen an seiner schwächsten Stelle, seiner Konkavität, für den aufrechten Gang genügend festigt, damit er nicht unter der Körperlast zusammenknickt (Pilasterwirkung). Diese für den Menschen charakteristische Knochenleiste springt auf dem Querschnitt wie ein Zapfen aus dem Femurkontur vor (Abb. 277). Der Vorsprung erhöht erheblich die Hebelkraft der Adduktoren beim Rollen des Oberschenkels nach außen.

Adduktor des Spielbeins

Je schräger die Fasern des Adductor minimus und die anschließenden Fasern des Adductor magnus verlaufen, und je weiter sie am Femur hinabreichen, um so größer wird der Hebelarm, mit welchem sie den Oberschenkel adduzieren. Die rotierende Komponente ist auch den Fasern des Adductor magnus eigen, soweit sie an der Linea aspera inserieren. Die dickste Partie des Muskelfleisches jedoch, welche den medialen Rand der ganzen Muskelplatte einnimmt und deren Ursprung mit einer kurzen Sehnenkappe den Sitzbeinknorren umfaßt, inseriert mit einer langen kräftigen Endsehne an einer ihr eigenen Muskelapophyse auf dem inneren Kondylus des Femur, Epicondylus medialis (Abb. 252). Sie ist von dem übrigen Muskel durch einen Schlitz getrennt, Hiatus adductorius (Hunteri). Alle in dieser Sehne vereinigten Muskelfasern sind reine Adduktoren des Oberschenkels. Sie können adduzieren, wenn das Bein gespreizt ist. Ist das Bein nach außen gerollt, so dreht die Sehne des Adductor magnus den Epicondylus medialis nach innen zurück: Einwärtsroller. Das ist von Wichtigkeit als Gegengewicht gegen die auswärts rotierende Wirkung des übrigen Muskelbauches, der an der Linea aspera inseriert. Ja, die Sehne des Adductor magnus ist stark genug, um den Epicondylus medialis gegen die Außenrollung aller übrigen Adduktoren, die wir bei den folgenden Muskeln noch zu konstatieren haben werden, festzuhalten.

Wäre ein solcher Antagonismus nicht im Adduktorensystem selbst gelegen, so könnten nur die Vorderränder der kleinen Glutäen durch ihr Eingreifen die Außenrollung aufhalten, da dies die einzigen Einwärtsroller sind. Sie sind aber zugleich Abduktoren des Oberschenkels und müssen deshalb, wenn sie die außen rotierende Komponente der Adduktoren hemmen, zugleich deren adduzierende Komponente schwächen. Beim Reiten würde der Schenkelschluß dadurch gemindert werden. Das tut der Adductor magnus nicht. Er erzwingt daher beim Reiten die reine Adduktion, d. h. er dirigiert die Ferse des Reiters (und den Sporn!) nach hinten ohne Verlust für kräftigsten Schenkelschluß. Eine entsprechende Innendrehung im Knie kann ebenfalls beteiligt sein.

Adduktorenmasse als Ballast für das Gleichgewicht des Oberkörpers

Die Hauptbedeutung sämtlicher Adduktoren und besonders diejenige des Adductor magnus liegt in der Äquilibrierung des aufrecht stehenden Körpers. Das Gewicht eines jeden Magnus beträgt bis zu einem Pfund oder mehr. Da er mit seiner Hauptmasse am Sitzbeinknorren und abnehmend weiter nach vorn bis zur Schoßfuge aufgehängt ist, so zieht sein bloßes Gewicht das Becken in die Normalstellung; denn er ist unter dem Drehpunkt im Hüftgelenk aufgehängt (Abb. 1a) und wirkt wie der Ballast eines Schiffes als Gegengewicht



gegen die oberhalb des Drehpunktes balancierende Oberkörpermasse, die gleichsam auf Deck des Schiffes verstaut ist.

Ein Teil des Gegengewichtes ist allerdings abzuziehen, soweit es auf dem Oberschenkelknochen ruht. Dieser Ballast könnte gering erscheinen; aber im gewöhnlichen Stehen und Gehen entfernt sich der Schwerpunkt des Körpers nur unwesentlich aus der Ebene, welche lotrecht durch die Drehpunkte im Hüftgelenk geht. Auch kann der Muskel jederzeit seine Gegenwirkung steigern, wenn er bei festgestelltem Bein (Standbein) durch aktive Kontraktion auf das Becken wirkt. Es ist so, wie wenn das Becken jederseits eine armförmige Verlängerung hätte, welche sich mit unzähligen Fingern am ganzen Oberschenkelbein festkrallen kann, sobald sich die Muskulatur durch Kontraktion versteift und dadurch zur hebelartigen Fortsetzung des Knochens wird. Wie wir mit den Händen den Oberschenkel umgreifen und uns auf ihn stützen, um in gebückter Haltung fester zu stehen (z. B. als Sprungbock), so stellen wir den Oberkörper in aufrechter Haltung, wenn er nach vorn oder hinten aus dem Gleichgewicht zu kommen droht, durch Anspannung der Adduktoren fest, welche an der Beinsäule ziehen und sich daran halten.

Die Adduktoren sind auch bei den Seitenneigungen des Beckens im Stehen auf einem Bein (und am Standbein beim Gehen) passiv und aktiv tätig. Die nach vorn und hinten und die nach auswärts und einwärts neigenden Muskeln sind so um das Becken verteilt, daß sie tonisch und aktiv gegeneinander wirken und dadurch die richtige Neigung des Beckens aufrecht erhalten. Deshalb ermüden wir auch bei längerem Stehen. Die Bänder, welche rein passiv das Umkippen des Beckens verhindern können, treten erst viel später in Tätigkeit. Von der Zusammenarbeit des Ganzen wird später gehandelt werden.

Membrana vastoadductoria, Canalis adductorius (Hunteri)

Die Sehne des Adductor magnus, welche am Epicondylus medialis inseriert, ist die stärkste und wichtigste, aber nicht die einzige sehnige Insertion des Muskels. Die Portion, welche sich fleischig an der Linea aspera ansetzt, geht außerdem nach vorn aponeurotisch in die sehnige Oberfläche des M. vastus medialis über. Sie verhält sich ähnlich wie der Obliquus abdominis internus, dessen Sehnenfasern außen und innen vom Rectus abdominis verlaufen (Abb. 108); nur ist beim Adductor magnus die hintere Platte fleischig und allein die vordere sehnig. Eingeschlossen zwischen beiden Platten ist ein Tunnel für große Gefäße, *Canalis adductorius Hunteri* (Pfeil, Abb. 255). Die Insertionen des Adductor magnus am Vastus medialis gehen außer vom Muskelbauch auch von der dicken Sehne aus, welche am Epikondylus inseriert, und reichen nach oben bis auf die untersten Randfasern des Adductor longus. Sie werden alle zusammen *Membrana vastoadductoria* genannt (Abb. 252, 254, 255). Die Membran ist eine Seitenankerung der Adduktoren am Vastus, welche die einwärts rollende Komponente des Adductor magnus je nach dem Kontraktionszustand des Quadrizeps verstärkt und mit ihr die Außenrollung der Adduktoren im ganzen kompensieren kann (siehe oben).

Die Membran steht aber hauptsächlich im Dienst des Gefäßsystems. Denn die großen Gefäße des Beines liegen am Oberschenkel vorn als Arteria und Vena femoralis; sie ziehen innen am Femur vorbei schräg nach hinten in die Kniekehle, wo sie ihren Namen ändern und Arteria und Vena poplitea heißen. Den Übergang von vorn nach hinten vermittelt der Adduktorentunnel (Abb. 255, Pfeil). Seine proximale Öffnung, *Hiatus adductorius superior*, wird gewöhnlich vom Adductor longus gebildet und wird dort beschrieben. Die Vorderwand des Tunnels ist die Membrana vastoadductoria, die Hinterwand das Muskelfleisch des Adductor magnus bis zur Linea aspera. Die distale Öffnung des Tunnels nach der Kniekehle zu ist der Schlitz zwischen dem fleischigen Ansatz des Adductor magnus an der Linea aspera und der Sehne zum Epicondylus medialis, *Hiatus adductorius inferior*. Spricht man von H. adductorius schlechthin, so ist die Tunnelöffnung gegen die Kniekehle zu gemeint.

Mediales Kniegrübchen, Jobertsche Grube

Man kann bei nicht zu fetten Menschen die Sehne des Adductor magnus in der Nähe des Epicondylus medialis fühlen, besonders wenn man den Oberschenkel spreizt und gegen einen Gegendruck adduzieren läßt. Die Adduktorengruppe im ganzen springt dann als dicker runder Wulst an der Innenseite des Oberschenkels vor. In dem *medialen Kniegrübchen* (Abb. 253),

welches hinter dem kugeligen Vastus medialis liegt, fühlt man in der Tiefe die Sehne. Man verwechsle sie nicht mit den oberflächlicher und dorsal von der Grube liegenden Sehnen des Pes anserinus (besonders Semitendinosus und Grazilis, Abb. 256).

Die Sehne des Adductor magnus ist ein wichtiges Orientierungsmittel für die Lage des Adduktorenkanales. Die enge Spalte zwischen Membrana vastoadductoria und Vastus medialis, welche dicht neben der Sehne zu suchen ist, heißt JOBERTsche Grube (Abb. 255). Sie wird zugänglich, wenn man den M. sartorius, der sich über sie legt (Abb. 99), nach hinten verschiebt; sie kann für den Chirurgen als Zugang zu den großen Gefäßen innerhalb des Kanals dienen (bei Unterbindungen).

Inhalt und Fenster des Canalis adductorius

Der Inhalt des etwa 7 cm langen Canalis adductorius besteht außer aus den genannten großen Blutgefäßen noch aus feineren Nerven und Lymphgefäßen. Die Stelle, an welcher die Gefäße den Hiatus inferior passieren, ist die Grenze für die Benennungen. Oberhalb heißen sie Vasa femoralia, unterhalb Vasa poplitea. Letztere liegen zuerst auf dem Vastus medialis und dann auf dem Planum popliteum femoris (Abb. 281).

Abb. 253. Oberschenkel von innen. Gegendruck gegen den durch die Hand des Untersuchers fixierten Unterschenkel. × Wulst der kontrahierten Adduktoren. ×× Vastus medialis. . Rand des Muskelfleisches des V. med. .. Kniegelenkspalte. ... Sehne des Semitendinosus. o Mediales Kniegrübchen. oo Vena saphena magna.

Regelmäßig tritt der Endast des Nervus femoralis, N. saphenus, ein Hautast für den Unterschenkel, mit den großen Gefäßen in den Adduktorenkanal hinein. Er verläßt ihn aber, ehe das Ende des Tunnels erreicht ist, durch ein besonderes Fenster in der Membrana vastoadductoria (zusammen mit Ästchen der Arterien, A. articularis genus suprema, und mit Begleitvenen. Meistens sind zwei Fenster vorhanden (Abb. 254). Der N. saphenus benutzt das distale. Ein zweiter Nerv benützt das proximale Fenster, tritt aber nicht immer in den Tunnel ein. Er ist ein Hautnerv, der aus dem Endast des N. obturatorius allein oder aus einem Gemisch aus Fasern des N. obturatorius und N. femoralis oder nur aus letzteren besteht (Bd. II). Der Verlauf schwankt entsprechend.

Die Insertion des Adductor magnus an der Innenlippe der Linea aspera ist mit sehnigen Arkaden versehen, durch welche Gefäße für die Beugemuskeln des Oberschenkels hindurchtreten (Arteriae perforantes, Abb. 281). Die ganze Hinterseite des Oberschenkels bekommt geradeso wie die Kniekehle ihre Gefäße von vorn her. Die Öffnungen für die Aa. perforantes entsprechen also dem Hiatus inferior des HUNTERschen Kanals für die Vasa poplitea.

Innervation: Der Muskel ist doppelt innerviert, und zwar aus dem Nervus obturatorius (R. posterior) und aus dem N. ischiadicus (Zweige aus dem Ast des N. tibialis zum M. semimembranosus). Der erstere verläuft diazonal, der letztere metazonal (S. 228); die gleichzeitige Verletzung beider Nerven am Becken ist also unwahrscheinlich und deshalb eine völlige Ausschaltung des Adductor magnus nur bei ausgedehnten Zertrümmerungen möglich. Der Obturatoriusast versorgt die an der Linea aspera, der Ischiadikusast die am Epicondylus medialis inserierenden Muskelfasern. Doch gibt es gewöhnlich keine scharfe Grenze im Innern des Muskels, und die Anteile beider Nervengebiete schwanken individuell beträchtlich. Der Obturatoriusast liegt auf der Vorderseite, der Ischiadikusast auf der Hinterseite des Muskels. — Der Adductor minimus ist seiner Innervation nach nicht selbständig gegen den übrigen Muskel. Er ist eine inkomplette Abspaltung, die meistens durch die perforierenden Gefäße eingeleitet ist, ähnlich wie die Begrenzung des Rhomboides major und minor an der Schulter.

Der dicke Stamm des N. ischiadicus liegt auf dem dreieckigen Feld des Adductor minimus, welches hinten vom Semimembranosus freigelassen wird (Abb. 281). An dieser Stelle hat der Nerv einen Druckpunkt (unter dem distalen

Rand des Glutaeus maximus, Abb. 131). Er pflegt bei Nervenentzündung (Ischias) äußerst schmerzhaft zu sein. Segmentale Nerven: L 3—4 für Pars obturatoria, L 4—5 für Pars ischiadica. Blutzufuhr: A. obturatoria, Aa. perforantes (meistens 3).

M. adductor brevis (Tab. Nr. 14), Abb. 246, 254, 258, 281

Musculus adductor brevis. Die kleineren Adduktoren haben in der Vorderfläche des Magnus ihr gemeinschaftliches Bett (Abb. 252). Sie sind Spezialisten, welche zwar Ähnliches leisten wie die entsprechende Partie des Magnus, daneben aber durch den gesonderten Ursprung so viel vor jenem

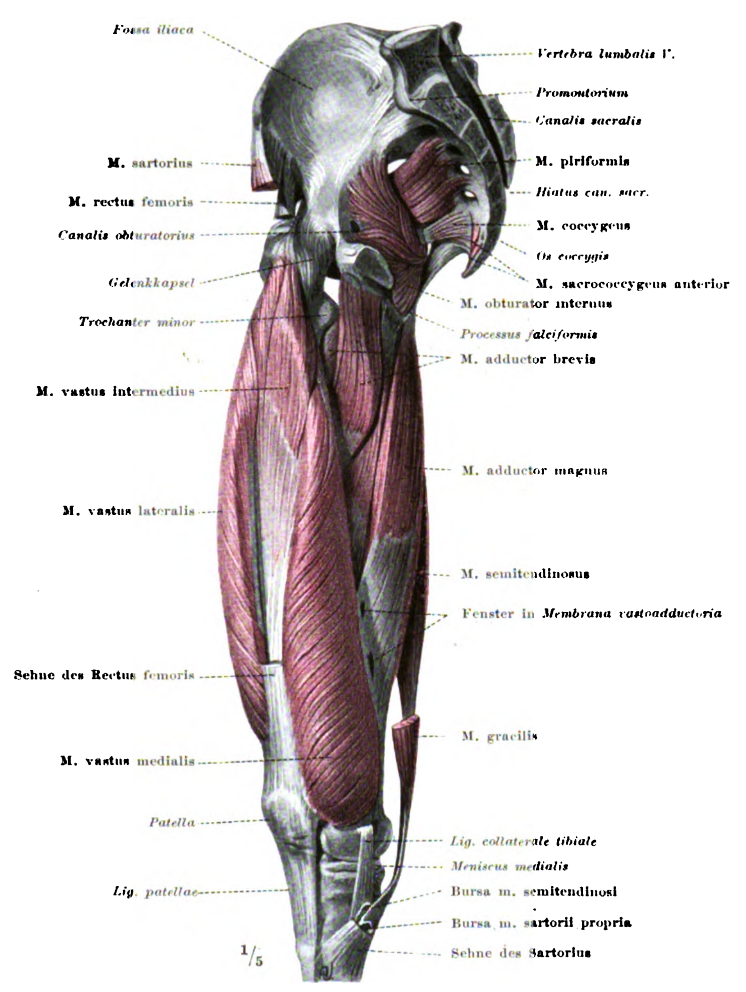


Abb. 254. Oberschenkel von vorn und innen (Muskeltorso). Vastus intermed. mit Bett für den fehlenden Rectus fem., Add. brevis und Add. magnus mit Bett für Add. longus und Pektineus (oberflächliche Muskeln siehe Abb. 99).

voraus haben, daß jeder Muskel seine Eigenaufgabe erfüllen kann. Ihnen ist gemeinsam, daß sie weiter vorn am Becken, lediglich am Schambein entspringen (Abb. 258). Der Brevis entspringt fleischig vom Knochen und vom Faserknorpel der Schoßfuge. Der Muskelbauch ist platt und parallelfaserig (Abb. 254). Er ist schaufelförmig nach hinten außen gebogen und erreicht die mediale Lippe der Linea aspera femoris im Bogen um die oberflächlichen Adduktoren und den Trochanter minor herum (Abb. 281).

Der Magnus selbst ist am Sitzbein angeheftet, nur der Minimus greift über die Grenze zwischen Sitz- und Schambein hinaus und kann in Ausnahmefällen sogar hinter dem Brevis bis gegen den oberen Rand der Schoßfuge hinaufreichen. Gewöhnlich fängt aber der Brevis da am Schambein an, wo der Minimus aufhört. Er gehört zum mittleren Kreis der Ursprungsfelder (hellrot, Abb. 258).

Der Ursprung des Muskels ist vom Adductor longus und Pektineus zugedeckt, so daß man ihn an der Oberfläche nicht sieht (Abb. 99). Diese beiden Muskeln divergieren nach dem Femur zu (Abb. 255). In dem Dreieck zwischen ihnen wird der Brevis von vorn sichtbar, aber er ist an dieser Stelle vom M. sartorius bedeckt. Seine Hinterfläche liegt unmittelbar dem Magnus an.

Abgrenzung

Der Muskel ist gegen die übrigen Adduktoren dadurch gesondert, daß sein Fleisch zwischen der Nervengabel des N. obturatorius liegt; der Ramus anterior des Nervs zieht schräg über die Vorderfläche, sein Ramus posterior über die Hinterfläche des Brevis. Die Faszie des Muskels ist sehr zart und dünn.

Man benutzt am besten die genannten Nervenäste, um bei der Präparation die richtige Grenze gegen die Nachbarmuskeln zu finden. Sie ist immer vorhanden und auch in der selbständigen Innervation des Muskelfleisches vorgezeichnet. Die Endsehne ist ganz platt und dünn; man muß sie künstlich von den Nachbarsehnen, mit denen sie verwachsen ist, sondern. Sie enthält gewöhnlich eine Arkade für den Durchtritt der Arteria perforans prima, welche durch diese Pforte die Grenze zwischen Add. minimus und Add. magnus erreicht. Von dieser Stelle aus kann der Add. brevis manchmal in zwei getrennte Muskelbäuche zerfallen.

Spezifische Wirkung, Schneiderstellung

Der Brevis adduziert den Oberschenkel und rollt ihn nach außen wie der obere Teil des Magnus; er hat ein besonders großes Moment aus den dort erwähnten Gründen (Hebelwirkung der Linea aspera, tangentiale Angriffsrichtung). Sind die Anziehung und Rollung abgelaufen, so hat er noch die Möglichkeit, den Oberschenkel nach vorn zu heben (Anteversio). Wirkt der Muskel allein, so wird allerdings gewöhnlich das andere Bein im Wege sein, da der adduzierte Oberschenkel eher an dieses anstößt. Ist das andere Bein aber so gestellt, daß es nicht im Wege ist, oder beteiligen sich andere Muskeln, welche stärker nach vorn heben (Pektineus, Iliopsoas usw.), so endet die Bewegung damit, daß der Oberschenkel vor das andere Bein zu liegen kommt, z. B. beim Sitzen mit übergeschlagenem Bein. Der Name Schneidermuskel, der einem anderen Muskel gegeben ist (M. sartorius), wäre zutreffender für diesen und die beiden folgenden Muskeln.

Innervation: N. obturatorius. Der Muskelast kommt aus dem Ramus anterior des Nervs; er tritt in die Vorderfläche des Muskels mit zwei getrennten Zweigen ein. Segmentale Nerven: L 2—4. Blutzufuhr wie bei vorigem.

M. adductor longus (Tab. Nr. 15), Abb. 99, 246, **255–258**

Musculus adductor longus. Er ist länger als der vorige, aber nicht so lang wie der Magnus. Sein Ursprungsfeld liegt in dem äußeren der drei Ursprungskreise der Adduktoren (Abb. 258, dunkelrot). Er ist mit einer schmalen, auffallend starken Sehne an dem Faserknorpel der Symphyse unmittelbar unter dem Tuberculum pubicum befestigt. Die Sehne setzt sich auf der Vorderfläche namentlich am Innenrand des Muskels handbreit nach unten fort (Abb. 99). Von ihrem Ende ab liegen die Muskelfasern parallel. Sie gehen in eine breite dünne Insertionssehne über, welche an der Innenlippe der Linea aspera angeheftet ist (Abb. 255). Einige Fasern, manchmal auch zahlreiche, haben eine seitliche Ankerung an der oberflächlichen Aponeurose des Vastus medialis. Diese Fasern fehlen selten. Sie bilden mit den entsprechenden seitlichen Verankerungen des Magnus die Membrana vastoadductoria. Die Fasern des Longus umrahmen speziell den Eingang zum Canalis adductorius: Hiatus superior. Infolge der wechselnden Ausbildung ist die obere Tunnelöffnung nicht so konstant wie die untere; die Länge des Tunnels schwankt entsprechend.

Die Insertionssehne des Add. longus ist vom M. sartorius bedeckt. Sonst liegt der Muskel frei unter der Fascia lata und unter der Haut des Oberschenkels

zwischen M. pectineus und M. gracilis. Die Ursprungssehne ist immer beim Lebenden zu fühlen, wenn der Muskel gespannt ist; beim Mann kann man den Samenstrang (Abb. 98) auf der Sehne hin- und herrollen. In der Regel ist beim Lebenden die schräg verlaufende mediale Kante des Muskelbauches zu sehen (Abb. 256).

Abb. 255. **Oberschenkel von innen** (Muskeltorso). Lumbalwirbel bis Promontorium entfernt. Der M. popliteus ist unter der senkrechten Ausstrahlung der Sehne des Semimembranosus herausgenommen (siehe seine natürliche Lage in Abb. 281).

Der proximale Rand des Longus begrenzt die mediale Seite eines Dreiecks, dessen Basis nach dem Leistenband zu gerichtet ist (Abb. 257). Die laterale Begrenzung stellt der M. sartorius. Das Dreieck heißt **Trigonum femorale (Scarpae)**. Sein Boden ist vom M. pectineus und M. iliopsoas gebildet, welche gegen die vorgenannten Muskeln etwas zurückweichen, **Fossa** Trigonum femorale (Scarpae)



iliopectinea (Abb. 99). Beim Lebenden kann man die Grube häufig äußerlich sehen.

Die Grube kann durch geschwollene Leistendrüsen in ihr, Lymphknoten, verstreichen; in abnormen Fällen kann die ganze Gegend vorgewölbt sein (Abb. 279). Die große Hautvene, Vena saphena magna, zieht über die Stelle hin, an welcher der Longus liegt (Abb. 253, 256).

Helfer des Brevis, kinematische Kette

Die Wirkung des Longus ist im wesentlichen gleich der des Brevis (Adduktion, Rotation nach außen). Die Vorhebung des Oberschenkels ist kräftiger, da der Ursprung weiter vorn liegt und da die Fasern weiter distal am Femurschaft inserieren (Abb. 246 b). Aber auch der Longus kann nicht allein das Bein an dem anderen Bein vorbeiführen, wenn dieses in Normalstellung steht. Denn seine adduktorische Komponente ist stärker als die antevertierende. Mit anderen Muskeln (Add. brevis, Pektineus, Iliopsoas usw.) ist er an der „Schneiderstellung" beteiligt.

Im Verein mit dem Rectus abdominis und dem kurzen Kopf des Biceps femoris bildet der Add. longus einen durchlaufenden Muskelzug (Abb. 255); in diese kinematische Kette (S. 103) sind das Schambein und Femur eingeschaltet. Der Gesamtzug geht vom Brustkorb hinab bis zum Unterschenkel. Werden die drei Muskeln gleichzeitig kontrahiert, so wird das Becken nach hinten gesenkt (Retroversion), der Oberschenkel wird gehoben, adduziert und nach außen gerollt (Anteversion, Adduktion, Rotation) und der Unterschenkel wird im Knie gebeugt dabei ebenfalls nach außen gerollt. Für die gleichzeitigen Bewegungen in Hüfte und Knie beim Hochheben des Beines (Treppensteigen, Klettern) ist dieses System von Muskeln und Knochen eine bemerkenswerte Einheit. Wichtiger ist sie beim aufrechten Stehen, weil dann Becken und Brustkorb durch sie gegen den Unterschenkel des Standbeines nach vorn zu festgestellt werden können. Nach hinten zu versteifen den Körper in ähnlicher Weise andere Einheiten, die aus vielen Muskelindividuen bestehen (S. 545). Für den Longus erblicken wir in dieser Anordnung klarer als bei den anderen kleinen Adduktoren die Ursachen für Lage und Form. Seine Richtung, Ursprung und Insertion sind durch die Beziehungen zum Rectus abdominis und kurzen Bizepskopf bestimmt. Aus der großen Muskelmasse der Adduktoren hat sich dieser Teil individualisiert, um mit den genannten anderen Muskeln zusammen eine neue, höhere Gemeinschaft zu formen.

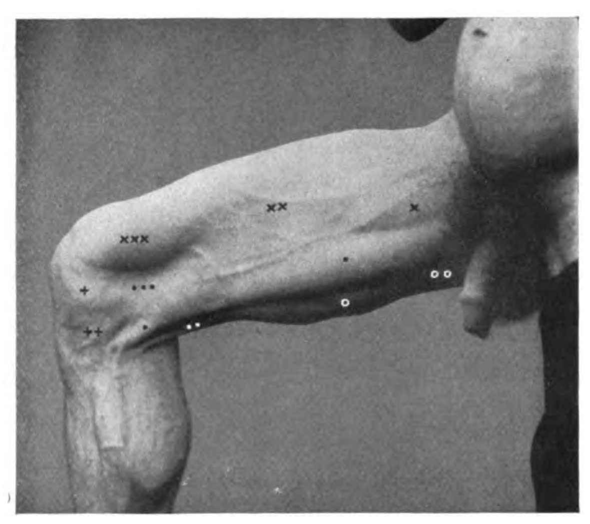


Abb. 256. Oberschenkel von innen, ohne besondere Muskelanspannung. Sehr magerer, muskelkräftiger Mann. . M. gracilis (an Tibia Übergang in Pes anserinus). . . Sehne des Semitendinosus. . . . Mediales Kniegrübchen. × M. adductor longus. ×× Delle des M. sartorius. ××× Vastus medialis. + Condylus medialis femoris. ++ Condylus med. tibiae. o Semimembranosus. oo Stelle, an welcher der Adduct. magnus unmittelbar an die Haut stößt.

Innervation: R. anterior des N. obturatorius. Der Nerv tritt in die Hinterfläche mit zahlreichen Einzelzweigen. Segmentale Nerven: L2—L3. Blutzufuhr: A. profunda femoris und A. pudenda externa aus A. femoralis, A. obturatoria aus A. hypogastrica.

Musculus pectineus. Der länglich rechteckige Muskelbauch entspringt fleischig am oberen Schambeinast von der Eminentia iliopectinea bis zum Tuberculum pubicum (Abb. 258). Die Ursprungsportion erstreckt sich bis zum Pecten ossis pubis, nach dem der Muskel benannt ist; sie füttert den Boden der Lacuna vasorum aus. **M. pectineus (Tab. Nr. 16), Abb. 95, 99 244, 246, 255, 258**

Versucht man die Gefäße mit dem Finger zu komprimieren (Blutstillung bei Zerreißungen der unteren Extremität, Nothilfe), so drängt man sie gegen das Muskelpolster des M. pectineus und erst indirekt gegen den Knochenkamm. Man muß also möglichst tief in die Lacuna vasorum hineinfassen, um eine möglichst harte Unterlage zu finden.

Der Pektineus zieht mit parallelen Fasern schräg um den Vastus medialis des Quadrizeps herum dicht hinter den kleinen Rollhügel des Femur, den die Endsehne umrahmt (Abb. 244, 255). Dort hat die Endsehne eine besondere Knochenleiste, Linea pectinea, die häufig undeutlich ist. Obgleich die Vorderfläche des Muskels größtenteils frei von anderen Muskeln unter der Haut liegt, ist sie doch beim Lebenden nicht zu sehen. Denn der Muskel sinkt, weil er hinten am Femur inseriert, schnell in die Tiefe und formt mit dem M. iliopsoas, der den gleichen Verlauf hat, eine Grube, Fossa iliopectinea. Sie ist umrahmt von den Rändern des M. sartorius und M. adductor longus, welche mit dem Leistenband das Trigonum femorale (Scarpae) begrenzen (Abb. 257).



Abb. 257. Fossa iliopectinea beim Lebenden (Photographie aus T. Cohn: Methodische Palpation Abt. II, Tafel IV). Den dreieckigen Rahmen bilden: der Sartorius, der Adductor longus und das Leistenband (Scarpasches Dreieck).

Nicht selten liegt zwischen der Linea pectinea und dem Trochanter minor ein kleiner Schleimbeutel, Bursa m. pectinei, welcher die Verschiebung der Sehne des Pectineus um den Knochen und um die Insertion des M. iliopsoas herum erleichtert.

Der Muskelbauch des Pektineus liegt zwischen M. iliopsoas und M. adductor longus, er ruht auf dem M. obturator externus und M. adductor brevis und wird teilweise überdeckt vom M. sartorius (Abb. 99).

Die Faszie des Iliopsoas, Fascia iliaca, setzt sich auf den M. pectineus fort und überdeckt als Fascia iliopectinea die von beiden Muskeln gebildete Grube. Sie ist im allgemeinen zart, aber nach dem Schambein zu durch straffe Fasern verstärkt (Ligamentum iliopectineum, S. 168). Wir werden bei der Beschreibung der Fascia lata (siehe Oberschenkel) zu konstatieren haben, daß diese Faszie an Stellen, an welchen sie in ein oberflächliches und in ein tiefes Blatt auseinanderweicht, verschiedene Logen bildet. Das ist auch im Scarpaschen Dreieck der Fall. Das tiefe Blatt ist unsere Fascia iliopectinea. Die beiden seitlichen Ränder des Dreiecks sind die Stellen, an welchen die beiden Blätter der Faszie zusammenhängen. Der zwischen ihnen eingescheidete dreieckige Raum ist nach oben an seiner Basis durch die Lacuna vasorum hindurch gegen die Bauchhöhle zu offen und nach unten an seiner Spitze gegen den Adduktorenkanal hin weiter zu verfolgen. Man fühlt die große Schlagader an dieser Stelle klopfen und kann bei mageren Menschen die Pulsation durch die Haut sehen. **Fascia iliopectinea und F. cribrosa**

Die großen Blutgefäße passieren die Fossa iliopectinea von oben nach unten, um weiterhin um die Innenseite des Oberschenkels herum in die Kniekehle zu gelangen (S. 511). Das tiefe Blatt der Fascia lata, die F. iliopectinea, liegt also unter den großen Blutgefäßen, das oberflächliche Blatt, F. cribrosa genannt, liegt vor denselben. Sie hat ihren Namen, siebförmige Faszie, deshalb, weil die Fascia

lata innerhalb des SCARPAschen Dreiecks zwar derber ist wie an der medialen Seite des Oberschenkels, aber von zahlreichen Löchelchen durchsetzt wird für Gebilde, welche von der Haut durch die F. cribrosa hindurch in die Fossa iliopectinea hineingelangen. Es gibt auch ein großes ovales Loch, Foramen ovale, in der Fascia cribrosa, das durch einen besonderen halbmondförmigen Verstärkungszug von innen und unten gestützt ist, Processus falciformis. Durch dieses Loch passiert die große Hautvene des Unterschenkels Vena saphena magna, welche sich innerhalb der Grube in die große Schenkelvene ergießt. Man kann häufig beim Lebenden die V. saphena durch die Haut hindurch bis zu dieser Stelle (3—4 Finger breit unterhalb des Leistenbandes) verfolgen (Abb. 253, 256). Das Foramen ovale ist nur künstlich darzustellen, indem man denjenigen Teil der Fascia cribrosa, welcher wie ein Fensterglas die Umrahmung des Loches ausfüllt, einbricht und entfernt. Der Processus falciformis wird auf diese Weise erst scharf begrenzt; er ist ein Verstärkungszug, welcher in einiger Distanz von der Vena saphena magna in die Fascia cribrosa eingewebt ist. Nur wenn die Vena saphena bei besonderen Zerrungen die Fascia cribrosa zu durchreißen droht, stemmt sich der Processus falciformis dem Zug der Gefäße entgegen.

Gegen die übrigen Adduktoren ist der M. pectineus durch eine derbe Zwischenfaszie getrennt. Die Faszien zwischen den Adduktoren selbst sind sehr dünn. Doch sind die einzelnen Muskelindividuen ihrer Innervation nach scharf voneinander getrennt. Über die Fascia lata, welche die Adduktoren einhüllt, s. S. 565.

Inhalt der Fossa iliopectinea

Innerhalb der Fossa iliopectinea liegt zu äußerst die Arteria femoralis, medial daneben die gleichnamige Vene. Nach der distalen Spitze des Dreiecks zu schiebt sich die Arterie mehr über die Vene. Vor den Gefäßen liegt ein dünner Hautnerv, Ramus lumboinguinalis aus dem Nervus genitofemoralis. Er verläßt die Grube durch die Fascia cribrosa (entweder durch das Foramen ovale oder außen davon durch ein eigenes Loch). Außerdem liegen neben den Gefäßen einige wenige Lymphknoten, deren oberster, die Lymphoglandula Rosenmülleri, den Canalis femoralis zwerchsackartig zu verstopfen pflegt. Diese tiefen (subfaszialen) Lymphknoten sind äußerlich durch die Haut nicht zu sehen. Dagegen sind zahlreiche oberflächliche (präfasziale) Lymphknoten im subkutanen Bindegewebe der Regio subinguinalis zu fühlen oder, wenn sie vergrößert sind, zu sehen (Abb. 279). Da sie zu den äußeren Geschlechtsorganen Beziehung haben, können sie bei Geschlechtskrankheiten besonders prominent und schmerzhaft sein (Bubo).

Spezifische Wirkung

Die besondere Wirkung des Pektineus gegenüber den übrigen Muskeln der Adduktorengruppe beruht darauf, daß er weit vorn und außen am Becken entspringt und daß seine lateralen Randfasern die gleiche Situation wie der M. psoas haben (Abb. 246a); sie heben wie dieser hauptsächlich das Bein nach vorn und rollen nur wenig nach außen. Je mehr wir uns dem medialen Rand des Muskels nähern, um so schräger stehen die Muskelfasern zum Femurschaft und um so größer wird also ihr adduktorisches und rotatorisches Moment. Der Pektineus im ganzen hebt den Oberschenkel nach vorn, adduziert und rollt ihn nach außen. Er kann für sich allein den Oberschenkel seiner Seite über den der anderen Körperseite kreuzen (Schneidersitz).

Innervation: Der Muskel kann doppelt innerviert sein, und zwar durch einen Ast des Nervus obturatorius und des Nervus femoralis. Der erstere fehlt häufig, der letztere ist dann der einzige Muskelnerv; daß umgekehrt der N. obturatorius allein innerviert, ist äußerst selten. Der variable Ast des N. obturatorius kommt aus dessen Ramus anterior; er dringt in die Hinterfläche des M. pectineus ein. Der Ast des N. femoralis liegt unter der Fascia iliopectinea. Schont man die Faszie, so kann der Nerv bei der Reinigung des Inhalts der Grube (Gefäße) nicht weggeschnitten werden. Er tritt in den Rand des Pektineus ein. Segmentale Nerven: L 2—3. Die prozonalen Fasern im N. femoralis stammen aus den gleichen Segmenten wie die diazonalen im N. obturatorius. Blutzufuhr: A. pudenda externa und A. circumflexa femoris medialis aus A. femoralis, A. obturatoria aus A. hypogastrica. Am proximalen Rand des M. pectineus, zwischen ihm und dem Trochanter minor, geht die A. circumflexa fem. medialis nach hinten; am distalen Rand, zwischen Pektineus und Add. longus, nimmt die A. perforans prima die gleiche Richtung.

M. gracilis (Tab. Nr. 17), Abb. 95,

Musculus gracilis. Der Muskelbauch ist riemenförmig; er liegt ganz medial am Oberschenkel, direkt unter der Fascia lata (Abb. 244). Bei mageren

Menschen ist er seiner ganzen Länge nach durch die Haut zu sehen (Abb. 256). Der Ursprung liegt dicht neben dem Rand des unteren Schambeinastes (Abb. 258); er besteht aus einer sehr dünnen Sehnenplatte (Abb. 95). Die Muskelfasern sind rein parallel gelagert. Sie gehen oft bereits im distalen Drittel des Oberschenkels in die runde, ca. 15 cm lange Endsehne über (Abb. 254). Sie sind neben dem Psoas die längsten Fleischfasern von allen Hüftmuskeln (am Oberschenkel sind die Fasern des Sartorius viel länger). Die Endsehne inseriert am Unterschenkel. Darin unterscheidet sich der Grazilis von allen anderen Adduktoren und Hüftmuskeln überhaupt (S. 483).

99, 103, **131**, **244**, 246, 254, 256, 258

Auf dem Wege zur Tuberositas tibiae an der Vorderseite des Schienbeins schlingt sich die Sehne um den Condylus medialis des Femur herum (Abb. 254). Sie verbreitert sich nach vorn und inseriert nicht nur am Knochen, sondern geht auch in die Faszie des Unterschenkels über, Fascia cruris. Die Beziehungen der drei Muskelsehnen, welche an der Tuberositas tibiae inserieren, zueinander (Pes anserinus) werden bei den Oberschenkelmuskeln (Sartorius, Semitendinosus) beschrieben; der Grazilis ist am Knochen in einem etwas höheren Niveau als der Semitendinosus befestigt (Abb. 246a).

Wirkung auf Hüfte und Knie

Bei gestrecktem Knie ist der Grazilis ein reiner Adduktor des Oberschenkels. Er hat dann die gleiche Funktion wie der Teil des Adductor magnus, welcher am Epicondylus medialis femoris inseriert (S. 510). Ist das Knie jedoch nicht durch andere Muskeln in Streckstellung festgehalten (Quadrizeps), so äußert sich die Wirkung des Muskels am Kniegelenk. Er beugt den Unterschenkel gegen den Oberschenkel und rollt den gebeugten Unterschenkel nach innen. Diese Bewegung wird bei den Flexoren des Oberschenkels, die er darin unterstützt, näher analysiert werden.

Innervation: Ramus anterior des N. obturatorius. Der Nerv tritt in die Unterfläche des Muskels nicht weit von der Ursprungssehne ein. Segmentale Nerven: (L 2) L 3—4. Blutzufuhr: A. pudenda externa und A. profunda femoris aus A. femoralis, A. obturatoria aus A. hypogastrica.

4. Der Gelenkapparat des Beckens und der Hüfte als passiver Bewegungsfaktor.

a) Allgemeines.

Verschiedene Arten der Bewegungsmöglichkeit

Zu den beschriebenen 17 Hüftmuskeln kommen noch etliche Muskeln des Oberschenkels hinzu, welche mit ihren Ursprüngen auf dem Becken montiert sind und also ebenfalls das Hüftgelenk in Bewegung setzen. Nur den Insertionen nach sind die Oberschenkelmuskeln von den Hüftmuskeln unterschieden; die ersteren setzen sämtlich am Unterschenkel an, überspringen also das Knie, die letzteren (mit alleiniger Ausnahme des Grazilis) inserieren am Oberschenkel und überspringen nicht das Knie. Die Ursprünge jedoch schieben sich ineinander (wie in Abb. 166 am Schultergürtel); daher überspringen nicht nur die Hüftmuskeln, sondern auch bestimmte Oberschenkelmuskeln — zweigelenkige Muskeln — das Hüftgelenk. Die letzteren haben die größere Wichtigkeit für das Kniegelenk. Auch begünstigen sie bestimmte Gebrauchsstellungen (z. B. gleichzeitiges Heben des Beines im Hüftgelenk und Beugen im Kniegelenk beim Treppensteigen) und erinnern darin an die zwei- und mehrgelenkigen Muskeln des Armes (S. 409, 411). Sie werden bei der freien Extremität, zu der sie genetisch gehören, im einzelnen behandelt. Wir werden dort sehen, daß 5 Stück von insgesamt 9 Muskelbäuchen des Oberschenkels hierher gehören.

Die Beteiligung ist weit größer als bei den Oberarmmuskeln, bei welchen nur zwei Muskelbäuche über das Schultergelenk hinübergreifen (langer Bizeps- und Trizepskopf).

Es ist weiter hin zu bedenken, daß durch Verschiebungen des Massenschwerpunktes auch andere Muskeln, welche gar nichts mit dem Hüftgelenk un-

mittelbar zu tun haben, mittelbaren Einfluß auf die Bewegungen in diesem Gelenk gewinnen. Das Becken steht nach oben zu mit den Bauch- und Rückenmuskeln, sogar mit Armmuskeln (Latissimus) in Verbindung. Wird es durch diese nach irgend einer Richtung verschoben, so werden sich, allein der Schwere folgend, Stellungsänderungen des Oberschenkels im Hüftgelenk ergeben, zumal wenn die Füße auf dem Boden oder sonstwie fixiert sind und deshalb nicht den Beckenverlagerungen folgen können (Fernwirkungen, S. 71).

Soll die Bewegung nur an einer bestimmten Stelle stattfinden, so sind zwei- oder mehrgelenkige Muskeln weit weniger sparsam im Betrieb des Körpers als eingelenkige. Denn es gehört oft die Tätigkeit vieler anderer Muskeln dazu, um das vielseitige Können der ersteren so einzuschränken, daß wirklich nur die eine Stelle bewegt wird. Wird dagegen die Vielseitigkeit des mehrgelenkigen Muskels ausgenutzt, indem gleichzeitig alle Gelenke, welche er überhaupt bewegen kann, auch wirklich in Betrieb gesetzt werden, so arbeitet er sparsamer, als wenn viele eingelenkige Muskeln das gleiche erzielten.

Mögliche u. wirkliche Bewegungen

Aus der Mannigfaltigkeit von muskulären Möglichkeiten trifft der Gelenkapparat mit seinen ganz bestimmten Unterstützungsflächen für die Knochenenden, welche an diesen Stellen in der Norm nie den Zusammenhalt verlieren dürfen, und mit seinen schützenden Hemmungsbändern eine ganz bestimmte Auswahl. Aus der Fülle der möglichen Bewegungen schälen wir jetzt die wirklichen Bewegungen der Norm heraus. In den Zwischenraum zwischen beide Kategorien fallen die oft erstaunlichen Bewegungen der sog. Kautschukmenschen, welche durch Übung, oft auch durch eine körperliche Disposition imstande sind, den Widerstand der passiv wirkenden Faktoren zu überwinden, so daß die Möglichkeiten der aktiven Muskelwirkungen uneingeschränkter hervortreten. Auch bei Verrenkungen (Luxationen), Knochenverbiegung oder Gelenkzerstörung kann nach der einen oder anderen Richtung die ganze Fülle der im Muskelsystem bestehenden (potentiellen) Möglichkeiten ungehemmt realisiert sein. Es ist unsere Aufgabe zu analysieren, inwiefern Gelenkformen und Bandapparate die Hüfte führend und hemmend beeinflussen. Da Muskeln nicht nur durch Kontraktion wirken, sondern auch umgekehrt hemmen, wenn sie gedehnt oder überdehnt werden, so fällt die passive Komponente des Muskelsystems mit in unsere Analyse hinein.

Die vikariierenden Gelenke der Wirbelsäule

Beim Schultergürtel unterschieden wir drei Gelenke (die beiden Schlüsselbeingelenke und das Schultergelenk); beim Beckengürtel haben wir nur ein einziges, das Hüftgelenk, welches allein dem Schultergelenk entspricht. Zwischen den einzelnen Komponenten des Beckens selbst besteht zwar keine vollkommene Unbeweglichkeit, wie wenn es ein einziger Knochen wäre. Die Haften zwischen den Knochen spielen eine ähnliche Rolle wie etwa diejenigen zwischen bestimmten Hand- und Fußwurzelknochen; sie können ein wenig nachgeben, sie sichern gegen brüske Stöße und dergleichen, haben aber nicht die positive Bedeutung für die eigentlichen Aufgaben des Bewegungsapparates wie wirkliche Gelenkverbindungen. Bei der Hüfte können wir sie ganz vernachlässigen. Dagegen spielt die Wirbelsäule eine viel wichtigere Rolle als beim Schulterapparat. Dort können zwar Biegungen der Wirbelsäule zu Bewegungen des Armes benutzt werden; gar nicht selten wird der Unerfahrene dadurch getäuscht, daß ein Arm, welcher mit dem ganzen Rumpf nur mitbewegt wird, den Eindruck erweckt, als sei das Schultergelenk frei beweglich, wenn es auch in Wirklichkeit krankhaft versteift oder ganz unbeweglich ist. Beim Becken ist die Wirbelsäule mit ihrem Kreuzbeinteil vollkommen in den Dienst der Extremität getreten. In erster Linie ist die Lumbosakralverbindung für die Bewegungen der ganzen unteren Extremitäten mitverantwortlich. Da die Zwischenwirbelscheibe des Promontorium besonders dick ist, so sind die Ausschläge an dieser Stelle nicht gering (Abb. 231).

In zweiter Linie kommen alle kranialwärts folgenden Zwischenwirbelverbindungen hinzu, welche die Exkursionsmöglichkeiten des Beckens und damit der

ganzen unteren Extremitäten summieren. Auf die Fernwirkungen solcher Bewegungen auf das Hüftgelenk selbst wurde oben bereits hingewiesen. Wir werden später darauf einzugehen haben, daß hier für den Menschen in weit höherem Maß als bei dem Schulterapparat die Möglichkeit gegeben ist, Defekte eines erkrankten Hüftgelenks auszugleichen, und daß die Täuschungsmöglichkeiten für den Arzt besonders groß sind.

Man kann sagen, daß vieles, was das Becken an Bewegungsmöglichkeit verloren hat, durch die erhöhte Wirkung der Wirbelsäule auf das Bein ausgeglichen ist. Diese Verschiebung der Bewegungspunkte hängt mit der Bedeutung der unteren Gliedmaße für die Bewegungen des Körpers im ganzen beim aufrechten Gange zusammen. Die Beine und die Wirbelsäule gehören zu einem durchlaufenden Stützsystem, das in dem Becken zu einem Ganzen fest verklammert ist. Beim aufrechten Stehen und Gehen liegen die langen Röhrenknochen der Beine mit der Wirbelsäule ungefähr in einer Richtung. Die oberen Gliedmaßen sind dagegen an diesem Stützsystem als mehr äußerliche Anhänge befestigt; sie sind möglichst beweglich gerade an denjenigen Verbindungspunkten, welche im Becken besonders verklammert sind. Unsere Spezialaufgabe ist es, zunächst das Hüftgelenk für sich und die in ihm gegebenen Möglichkeiten zu beschreiben. Auf die Analyse der unterstützenden und vikariierenden Apparate, d. h. auf die Bedeutung der gesamten Hüfte in Ruhe und Bewegung wird erst im folgenden Abschnitt einzugehen sein. Gegensatz zwischen Hüfte und Schulter

Während Arm und Hand so außerordentlich reich an Bewegungsmöglichkeiten sind, daß der Kunstarm immer nur eine ganz beschränkte und unvollkommene Auswahl aus der Fülle des Könnens des Lebenden gibt, liegen die Verhältnisse für das Kunstbein günstiger. Die moderne Technik hat den historischen Stelzfuß im Prinzip beseitigt. Kommt es darauf an, bei Verlust des ganzen Beines oder bei Erkrankung des Hüftgelenkes (Koxitis) durch einen Apparat künstlich die Bewegungen im Hüftgelenk nachzuahmen (Kunstbein, HESSINGscher Koxitisapparat), so bieten der Darmbeinkamm und Sitzbeinknorren des Beckens und der große Rollhügel des Femur eine sehr vollkommene Möglichkeit, das künstliche Gestell mittels besonderer Hüftbügel unverschieblich zu befestigen. Der dem Becken fest anliegende, aus den Hüftbügeln geformte „Hüftkorb" des Apparates imitiert die Unbeweglichkeit des natürlichen Beckens; er trägt das künstliche oder das geschiente natürliche Bein. Für das Kunstbein läßt sich die für das Stehen und Gehen gebräuchlichste Art von Bewegung des natürlichen Beines, insbesondere die natürliche Länge des Beines, erzielen, so daß der Patient nicht wie beim alten Stelzfuß das Bein nach außen im Bogen herumzuführen braucht oder hinkt; ja es gibt Einbeinige, die mit ihrem Kunstbein knien und tanzen können. Beim natürlichen Schulterapparat ist dagegen eine Imitation durch künstliche Apparate äußerst schwierig, weil die Beweglichkeit, soweit sie noch normal vorhanden ist, durch die Befestigung künstlicher Prothesen eingeschränkt wird (Behinderung der Atembewegungen des Brustkorbes). Einen Ersatz für die drei Gelenke des Schulterapparates gibt es deshalb zur Zeit nicht; alle Prothesen für Verluste distaler Abschnitte des Armes sind darauf angewiesen, daß der natürliche Schulterapparat noch funktioniert. Daß die Hüfte im „Hüftkorb" einen sehr glücklichen Ersatz findet, die Schulter dagegen zur Zeit so gut wie unersetzbar ist, charakterisiert indirekt sehr gut die natürliche Verschiedenheit der Hüfte gegenüber der Schulter im normalen Bewegungsmechanismus des Menschen.

b) Das eigentliche Hüftgelenk, Articulatio coxae.

Die Hüftpfanne, Acetabulum, ist ein Ausschnitt aus einer Hohlkugel; sie ist mit einem faserknorpeligen Reifen, Pfannenlippe, Labrum glenoidale, über den Äquator der Kugel hinaus fortgesetzt (Abb. 260). Obgleich die knöcherne Hüftpfanne nicht die Hälfte des kugeligen Schenkelkopfes umfaßt, bedeckt die Pfanne im ganzen (Knochen + Faserknorpel) etwa $^2/_3$ des Kopfes. Man nennt ein solches Gelenk Nußgelenk, Enarthrosis. In ihm ist der Zusammenhalt zwischen Kopf und Pfanne inniger als in einem Kugelgelenk mit kleiner Pfanne (Schultergelenk), nicht nur weil die enge Pfannen- Hüftpfanne Abb. 90, 225, **258**, 260



öffnung den Kopf festhält, sondern auch, weil mit der Vergrößerung der Kontaktfläche die Kraft des Luftdruckes erhöht wird. Der Lippenrand schließt so fest um den Schenkelkopf, daß er wie ein Ventil wirkt. Er verhindert beim intakten Gelenk das Vordringen von Kapselteilen, die an anderen Gelenken, sobald sie sich in den Gelenkspalt einzwängen, die Wirkung des Luftdruckes aufheben können (Pseudoluxation). Wäre die Pfanne mitsamt ihrer Lippe knöchern, so würde der Bewegungsumfang des Schenkelkopfes sehr erheblich durch das Übergreifen des Randes über den Äquator eingeschränkt sein. So

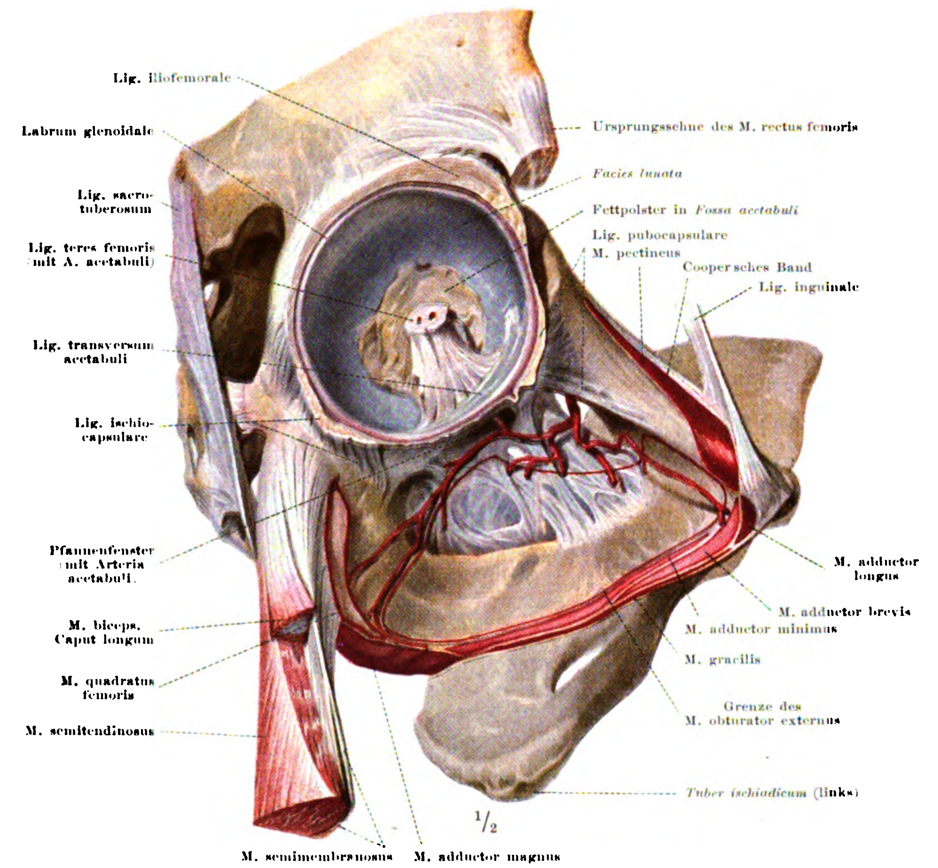


Abb. 258. Hüftpfanne. Die Kapselwand ist durch einen Kreisschnitt durchtrennt und das Pfannenband quer durchschnitten. Das Gefäß im Canalis obturatorius ist die Arteria obturatoria mit dem Ramus anterior (medial) und R. posterior (lateral). Von letzterem geht die Arteria acetabuli in das Pfannenfenster.

aber kann der faserknorpelige Reifen bei jeder Bewegung in der Richtung des Ausschlages nachgeben.

Der klassische Versuch der Gebrüder Weber (1836) über die Bedeutung des Luftdruckes für den Zusammenhalt der Gelenkflächen wurde am Hüftgelenk als dem dazu günstigsten Objekt ausgeführt: schneidet man bei einer Leiche sämtliche Weichteile in der Höhe des Hüftgelenkes samt der Kapsel durch, so ist der Luftdruck für sich allein imstande, das Bein freischwebend zu tragen; der Lippenrand der Pfanne verhindert durch seinen guten Schluß das Eindringen der Luft in die Gelenkspalte. Macht man die Gegenprobe, indem man die Hüftpfanne vom Innern des Beckens aus anbohrt und dadurch die Luft in die Pfanne eintreten läßt, so fällt das Bein sofort aus der Pfanne heraus.

Der Schenkelkopf ist gerade so groß oder ein wenig kleiner als der Schulterkopf des gleichen Individuums; weil aber die Hüftpfanne über den Äquator hinausgreift, ist die Kontaktfläche etwa doppelt so groß. Um die Stärke des Luftdruckes beim Hüftgelenk zu überwinden, gebraucht man ein Gewicht von 12 Kilo und mehr. Das entspricht einer wirksamen Kontaktfläche von mindestens 12 qcm (beim Schultergelenk nur 6 qcm). Das Gewicht des Beines ohne die Muskeln, welche am Becken entspringen und sich größtenteils selbst tragen, ist nur ca. $7^1/_2$ Kilo, kann also den Kontakt der Gelenkflächen nicht lösen. Da sie ohne Muskelarbeit zusammenhalten, wenn eine Kraft sie voneinander zu entfernen sucht (plötzliche Distraktion), so wird viel Muskelarbeit gespart. Übersteigt aber die Kraft die genannte Grenze, so müssen die Muskeln einsetzen, bis auch diese erlahmen. Der Kraftschluß ist nicht den Muskeln allein aufgebürdet.

Pfannenfenster und Pfannenband

Eine Besonderheit der Hüftpfanne ist ein Fenster in ihrer Wandung. Der knöcherne Rand, an welchem die Pfannenlippe angeheftet ist, ist nach unten zu breit eingeschnitten, Incisura acetabuli (Abb. 90). Die Pfannenlippe ist trotzdem ein geschlossener Ring, weil die genannte Lücke durch ein Band, Ligamentum transversum acetabuli, überbrückt wird und weil die Pfannenlippe auf dieses Band fortgesetzt ist (Abb. 258). So ist der ventilartige Abschluß des Pfannenrandes gegen den Schenkelkopf gewahrt und trotzdem der Eintritt eines Bandes in den Innenraum des Gelenkes durch das Fenster unterhalb des Bandes möglich. Das Pfannenfenster wird umrahmt von der Incisura acetabuli und dem Ligamentum transversum. Das Band im Innern des Hüftgelenkes heißt Ligamentum teres femoris. Es ist nicht rund, wie sein Name vermuten läßt, sondern platt, dreikantig. Die Fossa acetabuli am Boden der Hüftpfanne, welche nicht vom Knorpel überzogen ist, ist mit Fett ausgepolstert; in dieses Polster ist das Ligamentum teres eingebettet. So wird die Rundung des Schenkelkopfes durch das zwischen Kopf und Pfanne eingelagerte Band nicht beeinträchtigt. Als Führungsfläche für den Schenkelkopf bleibt eine sichelförmige Fläche reserviert, welche allein überknorpelt ist, Facies lunata. Sie genügt, um ein exaktes Gleiten zu sichern, ähnlich wie beim Atlas nur Teile der elliptischen Gelenkfläche für den Schädel übrig sind, weil dort Platz für das Rückenmark und den Zahn des Epistropheus ausgespart wird (Abb. 72).

Nur die Insertionsstelle des Bandes am Femur ist vertieft, Fovea capitis (Abb. 260), aber die Grube ist beim nichtmazerierten Knochen durch das Band selbst ausgefüllt. Das Lig. teres entspringt zweizipfelig vom Ligamentum transversum und vom Rand der Incisura acetabuli. Wie der Darm mit der Leibeshöhlenwand durch das Mesenterium verbunden ist (Abb. 9), so zieht es von der Gelenkwand zum Schenkelkopf. Die Intima, welche die Innenwand der Gelenkkapsel austapeziert, umkleidet auch das ganze Ligamentum teres und das Fettpolster in der Fossa acetabuli, ähnlich wie das Peritonaeum in der Bauchhöhle die Wandung und die Mesenterien überzieht. Man kann bei einem Reptil, bei welchem der Oberschenkel wagerecht vom Körper absteht (Abb. 152a) und noch kein Ligamentum teres vorhanden ist, künstlich eine Falte der Gelenkkapsel in die Gelenkspalte hineintreiben, indem man den Oberschenkel adduziert und nach unten unter den Körper bringt, wie es bei den Vögeln und den Säugetieren geschehen ist (Abb. 152b). Ähnlich hat in der historischen Entwicklung die Umbildung der Extremität zu einem Kniehebel dazu geführt, daß ein Teil der Kapsel zu einem intrakapsulären Ligament wurde. Das Band liegt allerdings bei menschlichen Embryonen, sowie es sichtbar wird, bereits innerhalb des Gelenkes. Aber bei manchen Säugerembryonen (z. B. Tapir) ist es als mesenterienartige Platte mit der Kapsel breit in Verbindung und wird erst nachträglich zu einem freien Band wie beim Menschen. Als Rest davon hat es beim Menschen außer den beiden oben genannten Ursprüngen sehr häufig noch einen dritten Ursprung von der Kapsel selbst.

Kollateralgefäße im Pfannenband

Die Korrelation zwischen der allgemeinen Form des Hüftgelenkes und dem Bestehen eines Ligamentum teres beruht höchstwahrscheinlich auf folgendem. Die Kapselinsertion muß bei einem Nußgelenk weiter distal rücken als bei einem Kugelgelenk, weil die Pfanne bei ersterem mehr von der Oberfläche des Kopfes umfaßt und weil trotzdem von der Kapsel nichts verloren gehen darf, um Spielraum genug für die Beweglichkeit des Gelenkes zu lassen. Die Kapsel rückt also in toto distalwärts (Abb. 261 b). Dadurch kommt von selbst die knorplige Epiphysenplatte

mehr in das Innere des Gelenkraumes zu liegen. Allerdings ist während der Hauptverknöcherungsperiode der Epiphysenknorpel auch von der Diaphyse aus mit Gefäßen durchzogen (Abb. 259). Aber später ist die Epiphysenscheibe gefäßarm. Da Ästchen der Arteria acetabuli innerhalb des Pfannenbandes verlaufen und mit ihm den Kopf erreichen (Abb. 258), so existiert hier ein Kollateralkreislauf, der für den Kopf den Wert einer doppelten Sicherung hat. Es ist anzunehmen, daß Konflikte mit der Ernährung des Gelenkkopfes durch die distale Verschiebung der Kapsel entstanden wären, falls nicht die zufällige Möglichkeit bestanden hätte, den Kopf unabhängig von der Diaphyse und dem Periost ausgiebig zu ernähren. Die invaginierte Kapselfalte, die in den Gelenkraum hineingerät und zum Pfannenband wird, ist dazu geeignet. Sie ist eine der biologischen Voraussetzungen dafür, daß ein so festes und doch bewegliches Nußgelenk wie das Hüftgelenk entstehen konnte und bereits für den aufrechten Gang zur Verfügung war, als er von den Vorfahren der Menschen erworben wurde.

Bei manchen Säugern ist das Lig. teres zurückgebildet, aber in der embryonalen Entwicklung noch nachweisbar (z. B. beim Igel). Auch beim Menschen kann es durch eine leere Intimafalte ersetzt sein oder ganz fehlen, besonders häufig bei Mißbildungen (kongenitale Luxation). Die Gefäße im Innern können, ehe sie den Gelenkkopf erreichen, umbiegen und rückläufig werden. Es geht daraus hervor, daß der Kopf auch bei jugendlichen Individuen nicht ausschließlich durch das Ligamentum teres ernährt wird. Bei intrakapsulärem Bruch des Schenkelhalses (sog. „Decapitatio") ist der Kopf lediglich auf die Blutzufuhr durch das Ligamentum teres angewiesen. Bei jugendlichen Individuen heilen solche Brüche (Epiphysenlösungen) häufig glatt, bei alten Leuten allerdings fast nie, da sich die Gefäße, falls sie obliteriert sind, nicht neu zu bilden scheinen. Für Greise werden sie häufig die indirekte Ursache des Todes, weil durch die erzwungene Körperruhe Lungenerkrankungen hinzukommen. Aber auch dann ist der Kopf bei der Sektion selten in Zerfall. Sein Blutbedarf ist sehr gering. Das gleiche wissen wir von überlebendem Knochenmaterial, das zu Transplantationen benutzt wird und außerhalb des Körpers oder an der Implantationsstelle lange am Leben bleiben kann.

Abb. 259. Femurkopf mit Gefäßen, Kind von 2 Jahren. Zahlreiche Rr. perforantes gehen von der Diaphyse in den Epiphysenknorpel.

Über die mechanische Bedeutung des Ligamentum teres siehe S. 528.

Der Luftdruck setzt sich durch das Pfannenfenster auf das Fettpolster am Boden der Pfanne fort und drängt dieses gegen den Kopf. Ein Zwischenraum zwischen Kopf und Pfanne kann nicht entstehen, weil sofort der Fettpfropf angesaugt und von außerhalb des Gelenkes durch die Incisura acetabuli nachgeschoben wird. Für die Wirkung des Luftdruckes auf den Zusammenhalt der Gelenkflächen kommen nur die Facies lunata und das Labrum glenoidale in Rechnung. Die Blutzirkulation im Ligamentum teres wird infolgedessen nicht durch den Luftdruck behindert. Bei pathologischen Ergüssen in das Gelenk kann der Exsudationsdruck den Luftdruck überwinden und die Kontaktflächen auseinanderdrängen. Das betreffende Bein ist dann scheinbar länger.

Die knöcherne Pfanne hat außer der Incisura acetabuli noch kleine Unebenheiten ihres Randes. Es sind leichte Buchten an den Stellen, wo die Komponenten des Hüftknochens zusammenstoßen. Sie werden durch den faserknorpeligen Randstreifen ausgeglichen, ebenso Unregelmäßigkeiten der Facies lunata durch den Belag aus Hyalinknorpel. Da der Pfannengrund aus den drei Hauptknochen und dem Os acetabuli aufgebaut wird (Abb. 225c), so können in seltenen Fällen zeitlebens an den ehemaligen Knorpelfugen Stellen geringeren Widerstandes bestehen, wie der Durchbruch eitriger Prozesse des Hüftgelenkes in das Becken und umgekehrt lehrt. Vor dem 18. Lebensjahr sind die Knochen durch pathologische Prozesse leichter voneinander lösbar als später, weil bis dahin die Knorpelfugen nicht verknöchert sind.

Exakte Kugelform Abb. 96, 103, 127, 260

Der Schenkelkopf, Caput femoris, ist genau kugelig (natürlich fehlt ein Segment der Vollkugel an der Stelle, an welcher der Kopf in den Schenkelhals, Collum femoris, übergeht). Beim Schultergelenk kann er von der



Kugelform abweichen, weil dort die Pfanne selbst nur ein kleines Segment des Kopfes berührt, und weil die Kapsel, welche im übrigen mit ihren Verstärkungen die Führung des Kopfes vollzieht, auszuweichen vermag. Bei einem Nußgelenk aus harter Substanz ist das unmöglich. Es gibt kein Gelenk im menschlichen Körper, das den theoretischen Anforderungen einer geometrischen Konstruktion so nahe kommt wie das Hüftgelenk. Nur die Stelle, welche der Fossa acetabuli entspricht, ist etwas abgeplattet; das wird durch das Fettpolster im Grunde der Pfanne ausgeglichen. Kleine Diskrepanzen der eigentlichen Gleitflächen kann der nachgiebige Knorpelbelag der Gelenkflächen ab-

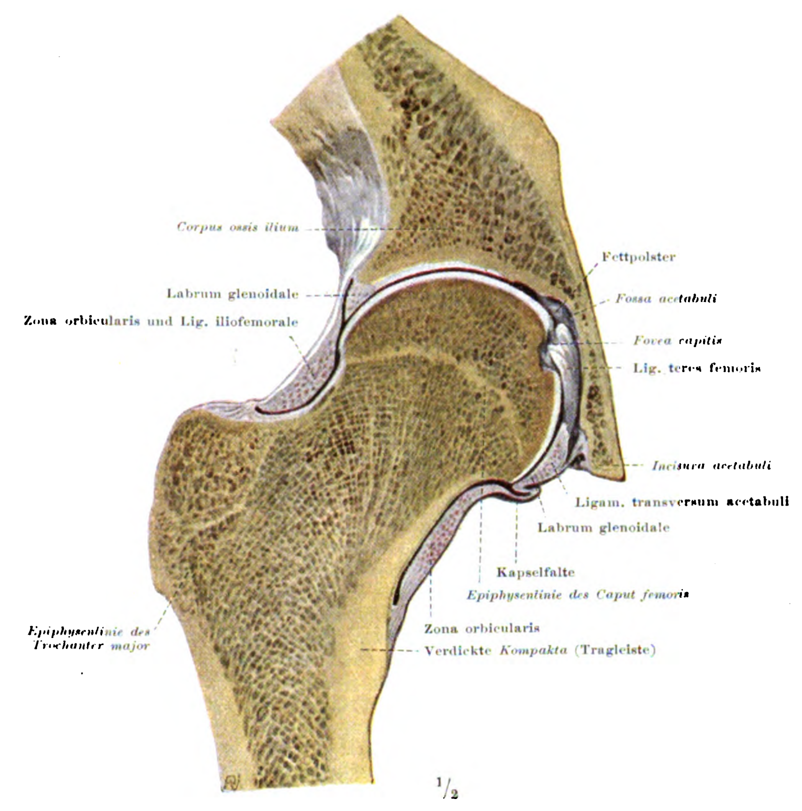


Abb. 260. **Frontaler Sägeschnitt durch die Mitte des Hüftgelenkes.** Normalstellung des Beines. Vordere Hälfte des Gelenkes von hinten. Epiphysenlinien verknöchert. Der Schenkelsporn ist nicht getroffen, wohl die Tragleiste, welcher er aufsitzt. Die Kapselfalte in dieser Stellung ist typisch.

fangen. Daß dies aber nur bis zu einem gewissen Grade möglich ist, dafür ist das nicht seltene Vorkommen angeborener Hüftverrenkungen (kongenitale Luxation) beim Menschen ein Beweis.

Bei anuren Amphibien (Unke) ist das Schultergelenk weit ähnlicher dem Hüftgelenk als dem Schultergelenk der höheren Tiere gebaut. Die Pfanne ist eine Halbkugel (Abb. 35; von den Einschnitten des Pfannenrandes können wir hier absehen). Man kann experimentell bei diesen Tieren das Gelenk in bestimmter Weise deformieren (S. 61). Die kongenitale Luxation des Menschen beruht wahrscheinlich auf ähnlichen Ursachen (Störung der ersten Anlage, so daß Pfanne und Kopf, wenn sie zur Ausbildung kommen und hart werden, nicht zueinander passen). Die Störung tritt erblich in bestimmten Familien auf. Besonders beweisend dafür, daß es sich beim Menschen um einen Defekt der Anlage handelt, welche sekundär

zur Verrenkung führt, sind Fälle, in welchen auch auf der „gesunden" Seite der Patienten Formveränderungen des Gelenkes gefunden werden, ohne daß eine Verrenkung eingetreten war. Die Verrenkung ist also nicht das Primäre. Freilich wirken die Verrenkungen, welche aus der atypischen Diskrepanz zwischen Pfanne und Kopf folgen, nachträglich durch den Gebrauch umgestaltend auf beide Gelenkflächen ein, wie dies auch beim Tierexperiment beobachtet wird.

Knorpelüberzug, Schenkelhals

Der Schenkelkopf steht so in der Pfanne, daß er sich um den Mittelpunkt der Kugel wie eine kugelige „Nuß" bei technischen Einrichtungen (z. B. in Türschlössern) nach allen Richtungen gleich gut drehen kann (Abb. 264). Das Gelenk heißt danach Nußgelenk. Der Kopf ist so weit überknorpelt, daß der Rand des Knorpels mit dem Rand des Pfannenknorpels genau zusammenfällt, aber nur in einer bestimmten Stellung, nämlich wenn der Oberschenkel ein wenig nach vorn gehoben, abduziert und nach außen rotiert steht. Diese Stellung nimmt das Bein unter der ausschließlichen Wirkung der im Innern des Gelenkraumes wirkenden Faktoren, z. B. bei künstlicher Injektion in seine Höhle, von selbst ein (Mittellage). Steht das Bein unter der Wirkung der Schwere oder der aktiven Muskulatur, so wird der Kopf so gestellt, daß die knorpelüberzogene Halbkugel stellenweise über den Pfannenrand hinausragt. In der Normalstellung (Abb. 96) steht sie vorn besonders weit über und liegt hier der Kapselwand an. Beim Schultergelenk ist das regelmäßig und in viel umfänglicherem Grade der Fall, weil dort die Pfanne viel kleiner ist als der Kopf. Die Delle im Kopf für das Pfannenband ist nicht mit Knorpel überzogen.

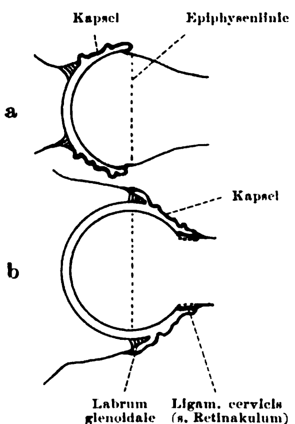


Abb. 261. Beziehung zwischen Pfannengröße und Kapselansatz. Schema. a) Schultergelenk — b) Hüftgelenktypus.

In ihr sieht man an mazerierten Knochen außer den Rauhigkeiten für die Bandfasern auch Löchelchen für den Eintritt der Gefäße aus dem Pfannenband. Die Versorgung des Kopfes erfolgt von drei Stellen aus. Außer vom Pfannenband (1. Art) dringen Gefäße vom Periost des Schaftes aus zum Kopf vor (2. Art). Auf der Oberfläche des Halses liegen zahlreiche Gefäßlöcher; bis zu ihnen reichen die Gefäße der Knochenhaut, welche im Ligamentum cervicis verlaufen (Abb. 261 b, siehe Kapsel). Die Epiphysenscheibe des Kopfes fällt medial mit dem Knorpelrand des Kopfes zusammen, lateral ragt sie ein wenig über ihn hinaus (Abb. 260). An dieser Stelle dringen Gefäße vom Periost aus direkt in den Kopf ein (3. Art: epiphysäre Gefäße der Fossa trochanterica Abb. 259); die übrigen können vom Hals aus als perforierende Gefäße indirekt in den Kopf gelangen. Von letzteren ist eine kleine an der Unterseite des Femurhalses eintretende Arterie der Lieblingssitz für Infektionskeime, welche vom Blut verschleppt, den Knochen von hier aus infizieren (Knocheneiterung usw.).

Der nicht überknorpelte Teil des Kopfes verjüngt sich zum Schenkelhals. Denkt man sich die Halbkugel des Kopfes ergänzt, so trifft die Kugeloberfläche die dünnste Stelle des Halses. Von da aus wird er gegen den Schaft zu wieder dicker. Vorn ist die Linea intertrochanterica (Abb. 276), hinten die Crista intertrochanterica (Abb. 266) die Grenze zwischen Hals und Schaft. Diese Leisten verbinden die beiden Rollhügel untereinander. Die hintere Leiste trägt zwar Muskelanheftungen, ist aber nicht unmittelbar im Anschluß an einen bestimmten Muskel, sondern als Verstrebung der beiden großen Muskelapophysen, des großen und kleinen Rollhügels, entstanden. Die niedere, oft undeutliche vordere Leiste entspricht dem Kapselansatz.

Hüftgelenkkapsel, Abb. 252, 254, 260, 261

Die Gelenkkapsel, Capsula articularis, ist wie ein enger Schlauch über den Rand der Pfanne, den Schenkelkopf und einen großen Teil des Schenkelhalses herübergezogen. Beim Schultergelenk ist die Pfannenlippe ihrer ganzen

Ausdehnung nach in die Kapselwand eingelassen, hier jedoch ragt der größte Teil des dünnen scharfen Randes der Lippe frei in den Kapselraum hinein (Abb. 261, 260). Denn die Kapsel ist am Hüftbein außen von der Pfannenlippe angewachsen. Nur am Lig. transversum ist sie manchmal am Rand des Labrum selbst befestigt. Da der ventilartige Abschluß durch die Lippe verselbständigt und von den übrigen Beanspruchungen der Kapsel unabhängig geworden ist, ist er ein viel wirksamerer Schutz für den Kontakt zwischen Pfanne und Kopf. Ein weiterer Unterschied gegen das Schultergelenk ist die distale Insertion der Kapsel, welche weit auf den Schenkelhals übergreift (Abb. 261). Das ist aus der Natur des Nußgelenkes begreiflich (S. 523). Der Kapselansatz hält ringsum fast die gleiche Distanz vom Knorpelrand des Kopfes ein und ist infolgedessen verschieden weit von der Grenze zwischen Hals und Schaft entfernt. Denn der Hals ist vorn kürzer als hinten. Vorn ist die Linea intertrochanterica die Ansatzlinie der Kapsel (Abb. 252). Letztere biegt innen unten spitzwinklig nach hinten um, umgreift den Trochanter minor und bleibt etwa fingerbreit von der Crista intertrochanterica entfernt (Abb. 266). Da die ganze Vorderfläche des Halses intrakapsulär liegt, haben keine Muskelinsertionen an ihr Platz; an der Hinterfläche drängen sie sich hauptsächlich in der Fossa trochanterica zusammen (Abb. 246).

Der Kapselschlauch im ganzen ist eher etwas kürzer als beim Schultergelenk. Ist er völlig entspannt (Mittelstellung), so können sich die Gelenkflächen um etwa 2 cm voneinander entfernen, ohne daß die Kapsel reißt, z. B. bei pathologischen Ergüssen, deren Exsudationsdruck die Widerstände überwindet, welche in der Norm den Kontakt sichern. Allerdings ist in den meisten Stellungen, z. B. auch in der Normalstellung, die Kapsel so in sich gedreht, daß kein so starkes Klaffen möglich ist. Das ist einer der Gründe, aus denen sich bei entzündetem Hüftgelenk (Coxitis) oder bei künstlicher Injektion in das Gelenk an der Leiche der Oberschenkel von selbst in Mittelstellung begibt. Immer ist in der Norm die Kapsel so weit, daß sie Spielraum für die Bewegungen läßt. Nur die Verstärkungsbänder hemmen die Bewegung, wenn sie in bestimmten Richtungen einen gewissen Grad zu überschreiten sucht. Die Kapsel selbst ist nur Abschluß, Dichtung des Gelenkinnern gegen die Umgebung. Daß die Falten nicht in den Gelenkraum hineingestülpt und eingeklemmt werden, wird durch die ganze Form des Gelenkes und durch die umliegenden Muskeln verhindert (Verwachsungen mit einem besonderen Ursprungskopf des Iliopsoas und des Rectus femoris sowie mit den Endsehnen der kurzen Rollmuskeln besonders des Glutaeus minimus).

Ligamenta cervicis, Schenkelhalsbrüche

Bei der distalen Verschiebung der Gesamtkapsel (Abb. 261) sind gefäßhaltige Teile der Kapsel, Ligamenta cervicis (s. Retinakula), erhalten geblieben. Einzelne Gefäße dringen unter dem Kapselansatz hindurch sogar bis zur Epiphysenfuge vor. Die meisten Gefäßlöcher liegen aber extrakapsulär auf der Hinterseite des Schenkelhalses.

Der Kapselansatz hat sich sekundär vom Knochen auf das Ligamentum transversum zurückgezogen und läßt mit seinem Ursprung die Incisura acetabuli frei. Am Ligamentum transversum ist er manchmal wie am Schultergelenk breit mit der Pfannenlippe verlötet (Abb. 260). In allen Fällen bleiben die Gefäße des Ligamentum teres rein extrakapsulär und gleichen auch darin den extra- oder retroperitonaealen Mesenterialfalten in der Bauchhöhle.

Da der Schenkelhals nicht ganz von der Kapsel überzogen wird, gibt es intra- und extrakapsuläre Schenkelhalsfrakturen. Die letzteren sind, wenn sie nicht auf den Schaft übergreifen, immer nur partiell extrakapsulär, da die ganze Vorderseite des Halses im Kapselraum liegt. Löst sich der Kopf in der Epiphysenfuge, was nach der Röntgenuntersuchung häufiger ist, als man früher wußte, so ist der Bruch rein intrakapsulär, da die ganze Epiphysenscheibe des Kopfes im Innern der Gelenkkapsel liegt. Nur die Epiphysenscheibe des großen Rollhügels liegt größtenteils extrakapsulär (Abb. 260). Die Bedeutung dieser topographischen Beziehungen für die Ernährung des Kopfes bei „Decapitatio" ist auf S. 524 erörtert. Ist die Fraktur extrakapsulär oder inkomplett, so sind die Ernährungsbedingungen für das abgetrennte Stück günstiger. Die gefäßhaltigen Ligamenta cervicis bleiben oft erhalten und sind deshalb bei Knochenbrüchen wichtig.



c) Verstärkungsbänder des Hüftgelenkes.

Die Kapsel setzt sich zusammen aus der Intima, welche zu innerst den ganzen Kapselraum auskleidet, und aus einer Fibrosa, welche nach außen zu die Intima überdeckt und verstärkt. Außerdem sind besonders starke Verstärkungsbänder in die Fibrosa eingewebt. Die zwischen ihnen freibleibenden Teile der Kapsel sind dünn und manchmal buchtig, Recessus. Bei pathologischen Ergüssen oder künstlichen Injektionen quellen die Recessus vor, sind aber in der Norm schlaff und leer. Die normale Gelenkschmiere, Synovia, besteht nur aus soviel schleimiger Flüssigkeit, wie nötig ist, um die Knorpelflächen schlüpfrig zu erhalten. Der Gelenk„raum" ist auch hier nur potential vorhanden. Normal ist er eine kapillare Spalte. Aber unter dem Druck von pathologischen Exsudaten oder künstlichen Injektionsmassen kann jederzeit die dem Skelett angeschmiegte Kapselwand abgehoben und, wenn der Druck genügend steigt, die Spalte zwischen den überknorpelten Gelenkflächen so weit ausgeweitet werden, daß wirklich ein „Raum" entsteht.

Das Mittelalter hat die praktische Probe darauf gemacht, wie stark die Verstärkungsbänder am Lebenden sind. Bei der Vierteilung von Verbrechern soll die Kraft von vier starken Pferden nicht genügt haben, das Hauptverstärkungsband, Lig. iliofemorale, zu zerreißen. Bei der Leiche wurde in einem Fall seine maximale Tragkraft (Zugfestigkeit) auf 350 Kilo bestimmt. Die Achillessehne trägt gegen 400 kg.

Ligamentum teres

Die Verstärkungsbänder der Hüftgelenkskapsel werden eingeteilt in Außen- und Innenbänder, extra- und intrakapsuläre Ligamente. Zu den letzteren gehört nur das Ligamentum teres femoris (Abb. 260), welches wegen seiner Beziehungen zur Gesamtform des Gelenkes oben bereits beschrieben wurde (S. 523). Für den Zusammenhalt der Gelenkflächen kommt es nicht in Betracht, da es erst gespannt wird, wenn der Kopf die Pfanne bereits verlassen hat (Luxation). Es ist fraglich, ob es als Hemmungsband für extreme Bewegungen im Hüftgelenk des Menschen von Bedeutung ist. Seine Tragkraft schwankt zwischen 15 und 75 kg.

Das Band liegt so, daß es bei starker Vorhebung des Oberschenkels dessen äußerste Adduktion und Außenrotation hemmen könnte. In dieser Stellung ist das Ligamentum iliofemorale (siehe unten) erschlafft und unwirksam. Es ist an der Leiche gelungen, das Lig. teres durch forcierte Bewegungen in der genannten Richtung zu zersprengen, ohne daß Außenbänder zerrissen. Auch bei rein knorpligen gefäßlosen Gelenkköpfen (Schultergelenk der Unke) kommt ein intrakapsuläres Lig. teres vor; die nutritorische Bedeutung (S. 524) ist also nicht die einzige. Nicht ohne Wichtigkeit für das geräumige Hüftgelenk mag sein, daß die Ausscheidung der Synovia durch die vergrößerte Intima, welche das Band überzieht, begünstigt wird, und daß es die Synovia im Gelenkraum gleichmäßig vertreibt und verteilt.

Zona orbicularis

Von den vier Außenbändern nenne ich zuerst das Ringband, Zona orbicularis. Es legt sich wie ein enger Kragen um die dünnste Stelle des Schenkelhalses. Die Fasern springen am stärksten nach innen zu gegen die Intima vor (Abb. 260) und sind von da aus am leichtesten zu finden. Läßt man die losgelöste Kapsel zwischen den Fingerkuppen durchgleiten, so fühlt man das verdickte Ringband deutlich. Von außen ist das Band durch die übrigen drei Verstärkungsbänder fast ganz verdeckt. Es ist an der Leiche nicht immer leicht zu präparieren, weil es am wenigsten scharf begrenzt ist, besonders an der Vorderfläche der Kapsel (deshalb der Name „Zona" statt „Ligamentum"), und weil es mit den übrigen Außenbändern durch gemeinsame Bündel verbunden ist. Die letzteren sind ein wichtiger Tragapparat für das Ringband, welcher dessen Abstand vom Pfannenrand feststellt. Der Schenkelkopf ist durch die Zona orbicularis wie durch ein Knopfloch hindurchgesteckt. Er ist frei in ihr drehbar, kann aber die Pfanne nicht verlassen, solange das Knopfloch nicht



einreißt oder im ganzen von der Pfanne losgerissen wird (Tragapparat). Neben der Pfannenlippe (1.) und der Luftdruckwirkung (2.) stellen wir hier eine neue Einrichtung (3.) fest, welche den Kontakt von Pfanne und Kopf sichert und die Muskulatur entsprechend entlastet.

Die drei übrigen Außenbänder sind die eigentlichen Hemmungsbänder, welche den Bewegungen des Gelenkkopfes in der Pfanne eine bestimmte Grenze setzen. Jedes entspringt an einem anderen der drei Teile des Hüftknochens.

Ligam. iliofemorale (Bertini)

Das Ligamentum iliofemorale (Bertini) ist das stärkste von ihnen und eines der stärksten Bänder des Körpers überhaupt. Es ist das einzige Hüftgelenksband, dessen Fasern rein knöchernen Ursprung und Insertion haben und deshalb am wenigsten nachgeben können. An der Spina iliaca anterior

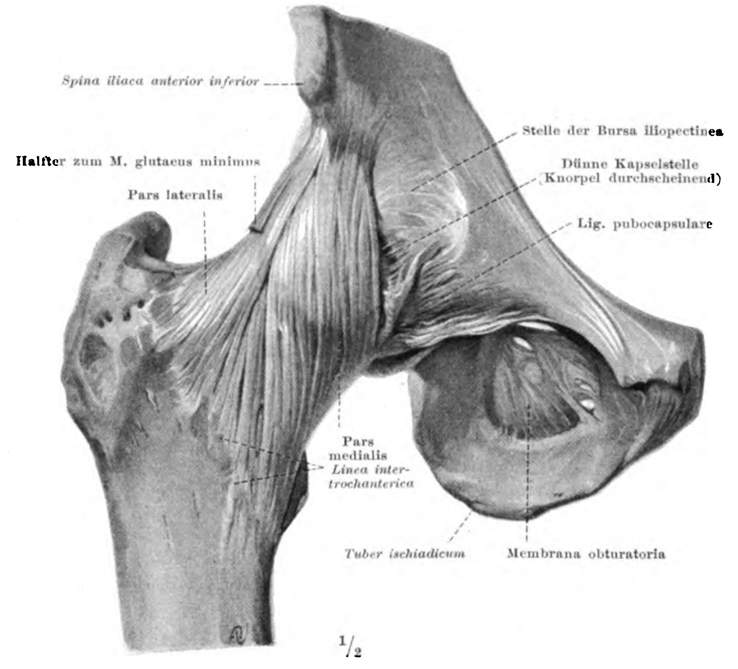


Abb. 262. Hüftgelenk von vorn. Ligamentum iliofemorale (Bertini). Normalstellung.

inferior und unmittelbar lateral neben ihr ist am mazerierten Os coxae ein besonders glattes Feld erkennbar: das relativ kleine Ursprungsfeld des Bertinschen Bandes am Darmbein (Abb. 262). Von da aus breitet es sich dreieckig auf der Vorderseite der Gelenkkapsel aus und inseriert in der ganzen Länge der Linea intertrochanterica, die als Bandapophyse des Lig. iliofemorale entstanden ist. Der obere, in der Richtung des Schenkelhalses verlaufende Rand des Bandes und der mediale senkrecht stehende Rand auf der Vorderseite der Kapsel sind besonders stark. Sie können präparatorisch leicht isoliert werden und funktionell verschieden beansprucht sein; sie werden deshalb zweckmäßig besonders benannt: Pars lateralis und Pars medialis. Die Zwischenpartie ist dünner. Man hat deshalb auch das Bertinsche Band mit einem umgekehrten V oder Y verglichen.

Gewöhnlich wird das Becken im aufrechten Stehen so gehalten, daß das Lig. iliofemorale nicht ganz gespannt ist. Es genügt aber eine ganz geringe

Senkung des Beckens nach hinten oder bei feststehendem Becken eine ganz geringe Hebung des Oberschenkels nach hinten (Retroversio pelvis s. femoris von ca. 13 Grad), um das Band zu spannen. Das wird dadurch begünstigt, daß die Fasern spiralig gedreht sind, und zwar am rechten Hüftgelenk im Sinne des Schraubengewindes einer Linksschraube (am linken umgekehrt). Hebt man den Oberschenkel nach vorn außen und rollt man ihn gleichzeitig auswärts, so wickelt sich die Spirale ab. Diese Entspannung ist der hauptsächliche Grund für die Stellung, welche Patienten mit entzündetem Hüftgelenk instinktiv dem kranken Bein geben (Koxitis). Steht das Bein dagegen senkrecht und ist das Becken nur ein wenig mehr nach hinten geneigt als gewöhnlich (Abb. 231 b), so ist bereits das BERTINsche Band so in sich gedreht und gespannt, daß es nicht weiter nachgeben kann. Wir nehmen diese Stellung ein, sobald wir müde sind oder sobald wir aus anderen Gründen die Muskeln ausschalten. Denn das Band ist infolge seiner Stärke imstande, ein weiteres Absinken des Beckens nach hinten rein passiv zu verhindern. Es ist einer der wichtigsten Faktoren für die Äquilibrierung des Körpers beim aufrechten Stehen und schützt unseren Körper und Hinterkopf vor dem gefährlichen Umkippen nach hinten.

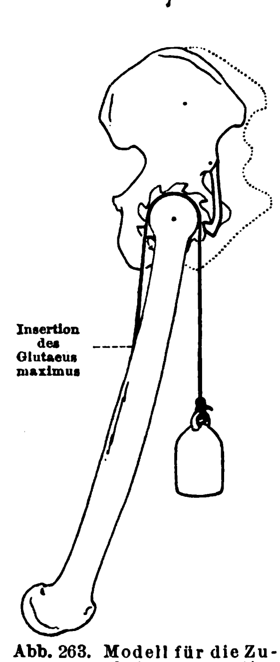


Abb. 263. Modell für die Zusammenarbeit von Bertinschem Band und Gesäßmuskel. Das Becken ist von der punktiert gezeichneten Lage in die mit ausgezogenem Kontur bezeichnete Stellung gelangt durch Rückbiegung in der Lende. Würde der Sperrhacken, welcher dem Lig. iliofem. entspricht, ausgehackt, so würde das Bein nach hinten schlagen; würde das Gewicht, welches dem Zug des Glut. maximus entspricht, ausgehängt, so würde das Bein ins Lot zurückfallen. Beide Mechanismen, solange sie intakt sind, zwingen das Bein dem Becken zu folgen, wie wenn Bein und Becken ein Stück wären.

Das Band kann sich als vierter Faktor zu den bereits genannten, welche den Schenkelkopf in der Pfanne festhalten (Luftdruck, Pfannenlippe, Ringband) hinzugesellen. Es wirkt nur bei gestrecktem Bein in diesem Sinn, während die übrigen in jeder Stellung die gleiche Bedeutung haben. Wird beim WEBERschen Versuch (S. 522) das BERTINsche Band erhalten und die Pfanne angebohrt, während das Bein der Leiche senkrecht hängt, so daß das Band gespannt ist, so verläßt der Schenkelkopf die Pfanne nicht. Das Verbleiben des Kopfes in der Pfanne ist also vielfach gesichert, wenn wir die Muskeln hinzurechnen. Diese werden durch die passiven Faktoren entlastet.

Paradoxe Vertauschung der Hüftgelenke

Der Laie weiß gewöhnlich nicht, daß eine Rückhebung des Oberschenkels im Hüftgelenk nicht möglich ist. Man macht sich am besten die wirkliche Sachlage klar, wenn man das eine Bein (Spielbein) dadurch extrem weit nach hinten bringt, daß man den ganzen Oberkörper auf dem anderen Bein (Standbein) nach vorn überkippt (Balleteusenstellung). Je weniger weit man nun das Spielbein nach hinten hebt, um so besser kann man den Oberkörper im Kreuz zurücknehmen und die aufrechte Ausgangsstellung des Oberkörpers innehalten. Es findet also paradoxerweise die Rückhebung des Beines im Hüftgelenk der anderen Körperseite (Standbein) statt: im Hüftgelenk des Standbeines muß das ganze Becken um den Betrag antevertiert werden, um welchen das Spielbein retrovertiert werden soll. Das ist alles sehr schön am nackten Körper zu sehen, wenn man auf die Knochenpunkte des Beckens (Darmbeinstachel, S. 486) und auf den Weichenwulst achtet. Die Ursache für die paradoxe Vertauschung der beiden Hüftgelenke beim Rückheben des Beines ist die Spannung des BERTINschen Bandes, welche beim gewöhnlichen aufrechten

Stehen fast maximal ist. Das Spielbein ist durch die Muskeln gegen das gespannte Band festgepreßt wie ein gesperrtes Rad, das am Zurückrutschen durch ein Uhrgewicht verhindert ist (Abb. 263). So kann der Oberschenkel des Spielbeines der Schwere nicht mehr folgen, sondern er muß jede Bewegung des Beckens mitmachen wie ein langer Zeiger an einer drehbaren Trommel; er zeigt schon ziemlich geringe Anteversionen des Beckens mit starkem Ausschlag seines distalen Endes nach hinten an.

Als Sperrmuskeln kommen nicht nur die rückhebenden Hüftmuskeln, vor allem der Glutaeus maximus, sondern auch die Beugemuskeln des Oberschenkels in Betracht, die am Sitzbeinknorren entspringen (Abb. 266). Bei gewöhnlichem Gehen auf ebenem Boden ist der Glut. maximus ausgeschaltet (S. 503); dann ist allein die Oberschenkelmuskulatur tätig. Die eigentlichen Bewegungsmuskeln beim Rückheben des Beines sind, wie oben erwähnt, die Muskeln an der Vorderseite des Hüftgelenkes der Gegenseite (Standbein), vor allem der Iliopsoas, welcher am kräftigsten das Becken antevertiert. Auch Oberschenkelmuskeln arbeiten mit (Rectus femoris).

Ligam. iliofemorale im Sitzen

Das Becken ist nur in der aufrechten Stellung des ganzen Körpers durch das Lig. iliofemorale verhindert, nach hinten abzusinken. Im Sitzen werden die Oberschenkel nach vorn gehoben und die BERTINschen Bänder entspannt. Infolgedessen kann im Sitzen das Becken viel stärker retrovertiert werden als im Stehen. Dadurch wird erst der wirkliche Sitz, d. h. die Unterstützung des Oberkörpers durch die Sitzhöcker und das Ende der Wirbelsäule, möglich (Abb. 237). Im Sitzen können wir den Oberkörper weit nach hinten lehnen, indem wir das Becken im Hüftgelenk retrovertieren; im Stehen ist das Rückbeugen wegen des Widerstandes des BERTINschen Bandes nur in beschränktem Grade in den Wirbelgelenken möglich (Abb. 86).

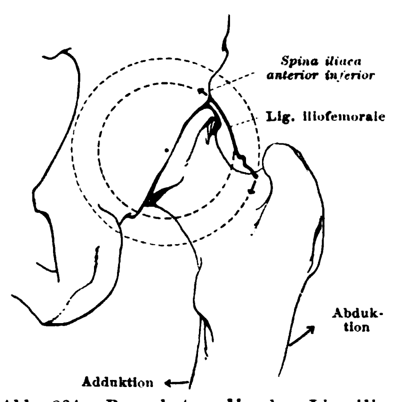


Abb. 264. Pars lateralis des Lig. iliofemorale von hinten, in die Konturzeichnung der Knochen in der natürlichen Stellung eingetragen. Der Drehpunkt im Femurkopf ist zugleich Querschnitt der sagittalen Achse für die Ab- und Adduktion des Femur (Pfeile).

Hemmung der Adduktion des Oberschenkels

Während das Lig. iliofemorale im ganzen, also beide Ränder zusammen, die Rückhebung des Beines im Hüftgelenk verhindern, versieht die Pars lateralis für sich noch eine besondere Funktion. Sie ist infolge ihrer Doppelaufgabe immer dicker als die Pars medialis (bis zur dreifachen Dicke). Die Achillessehne und das Kniescheibenband sind nicht so dick wie dieser Teil des BERTINschen Bandes. Es verbindet den unteren Darmbeinstachel mit dem Schenkelhals; die Linea intertrochanterica hat da, wo sie gegen die Anheftung des Glutaeus minimus am großen Rollhügel ausläuft, für die Insertion der Pars lateralis einen besonderen Höcker. Beschreibt man um den Drehpunkt des Oberschenkelkopfes einen Kreis, dessen Radius gleich dem Abstand der Insertion des Bandes vom Drehpunkt ist (Abb. 264, äußere gestrichelte Kreislinie), so gibt diese Linie die feste Schiene an, auf welcher der Insertionspunkt läuft, wenn der Oberschenkel ad- oder abduziert wird. Das ist aber nicht der Verkehrsraum des Bandes. Man müßte, um ihn festzustellen, mit der maximalen Länge des Bandes als Radius, einen Kreis um die Spina iliaca anterior inferior schlagen. Abb. 264 wird genügen, um klar zu machen, daß die Adduktion des Oberschenkels durch das Band fast ganz gesperrt ist, daß dagegen die Abduktion frei ist.

Bei der Pars medialis, die in der Richtung auf den kleinen Rollhügel hinzieht, fällt der Verkehrsraum des Bandes fast zusammen mit der Führung, welche die Hüftpfanne dem Knochen gibt. Deshalb hemmt sie weder die Ab- noch die Adduktion.

Bei gewöhnlicher aufrechter Körperhaltung (Normalstellung) läßt sich der Oberschenkel nur um ca. 10 Grad adduzieren, aber um das Vierfache abduzieren (40 Grad). Scheinbar können wir die gestreckten Oberschenkel im Hüftgelenk viel stärker in beiden Richtungen seitlich heben (Überkreuzen und Spreizen); aber auch diese Bewegungen finden in Wirklichkeit mit dem ganzen Becken statt, sowie sie die von den Bändern gesetzte Grenze überschreiten. Die Kontrolle des vorderen oberen Darmbeinstachels beim Lebenden gibt wie bei der Rückhebung des Beines darüber klaren Aufschluß. Er hebt oder senkt sich je nach der seitlichen Neigung des Beckens, welche die Seitenhebungen des Oberschenkels unterstützt oder vortäuscht. Wird das Bein nach vorn gehoben, so erschlafft das Lig. iliofemorale und der Ausschlag der Ab- und Adduktion steigt infolgedessen (Gesamtausschlag bei horizontal stehendem Oberschenkel 74 Grad).

Hemmung der seitlichen Beckenneigung

Wichtiger noch ist die Hemmung der seitlichen Neigung des Beckens (Lateroversio) durch die Pars lateralis des BERTINschen Bandes. Sie verhindert das Becken auf der Seite des Standbeines nach der Seite des Spielbeines abzusinken. Denn würde etwa auf der rechten Körperseite der Sitzbeinknorren versuchen, sich dem Oberschenkel zu nähern — was beim Absinken des linken Hüftbeines nach unten stattfinden würde —, so müßte entsprechend die Spina iliaca anterior inferior nach links ausweichen. In Abb. 264 ist die feste Kreisbahn um den Drehpunkt des Femurkopfes eingetragen, welche der Spina vom Knochen vorgeschrieben ist (innere gestrichelte Kreislinie). Nach der Lage und Länge des Bandes ist der Spielraum für die Seitenneigung des Beckens nach links minimal (Richtung des Pfeiles am oberen Ende des Bandes); die Seitenneigung des Beckens nach rechts ist frei. In dem Augenblick, wo das Spielbein den Boden verläßt, verliert der Körper nach dieser Seite seinen Unterstützungspunkt. Beim ruhigen Gehen auf ebener Erde vermögen wir den Schwerpunkt des Oberkörpers rechtzeitig so nach der Seite des Standbeines zu verschieben, daß er über diesem im labilen Gleichgewicht steht (S. 496). Mißlingt dies aus irgend einem Grund, so wird das Becken vor dem Absinken nach der Seite, nach welcher es umzukippen droht, durch das hemmende BERTINsche Band der anderen Körperseite gesichert. Das Becken steht dann nach der nicht unterstützten Seite (Spielbein) gesenkt, nicht gehoben wie beim üblichen Stehen auf einem Bein: TRENDELENBURGsches Phänomen. Es ist bei pathologischem Hüftgelenk und bei Überdehnung der abduzierenden Muskeln, z. B. infolge von kongenitaler Luxation, unausbleiblich; in der Norm tritt es nur ausnahmsweise auf, z. B. beim Gehen auf unebenem Terrain, Klettern usw.

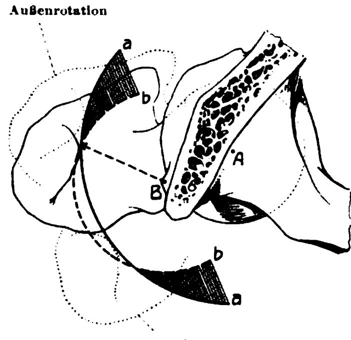


Abb. 265. Rotation des Femur. Femur von oben gesehen in Normalstellung. (Das Becken etwas oberhalb der Spina iliaca ant. inf. horizontal durchschnitten. Der Femurkopf punktiert, soweit er vom Becken verdeckt ist.) A Drehpunkt des Femurkopfes (Querschnitt der Rotationsachse, Abb. 268). aa Kreis um A mit dem Abstand der Ansatzstelle des Lig. iliofem. am Collum femoris von A als Radius. B Spina iliaca ant. inferior. bb Kreis um B mit der Länge des Lig. iliofem. (gestrichelter Pfeil). Die punktierten Konturen des Trochanter major entsprechen maximaler Außen- und Innenrollung.

Hemmung der Außenrollung des Oberschenkels

Schließlich hemmt das Ligamentum iliofemorale mit seiner Pars lateralis die Außenrollung des Oberschenkels. Die Pars medialis ist daran unbeteiligt, sie hemmt aber ein wenig die Einwärtsrollung. Da die Rotationsachse des Oberschenkels durch den Drehpunkt des Kopfes geht (Abb. 265 A), so beschreibt der große Rollhügel einen Kreis um diese Achse (ausgezogene Linie a a). Dieses Rotationsfeld ist durch den Knochen festgelegt. Der Verkehrsraum, welcher vom Band bestimmt ist, ist durch eine Kugelfläche mit viel geringerem Radius begrenzt (gestrichelte Linie b b). Die außerhalb des Verkehrsraumes des

Bandes fallenden, vom Knochen freigegebenen Teile des Rotationsfeldes (schraffiert) sind in Wirklichkeit gesperrt. Der Trochanter kann von der Normalstellung aus nur um 13 Grad nach hinten, aber um fast das Dreifache (36 Grad) nach vorn rotieren.

Bei eleviertem Oberschenkel erschlafft das BERTINsche Band so sehr, daß die Rotation auf fast den doppelten Betrag ansteigt (90°).

Die beiden am Scham- und Sitzbein entspringenden Verstärkungsbänder endigen zum Teil innerhalb der Kapsel. Sie heißen deshalb Ligamentum pubocapsulare und L. ischiocapsulare. Es kommen aber auch Insertionen am Femurhals vor, die manchmal sogar sehr kräftig sein können. Das schwächere von beiden, das Lig. pubocapsulare (Abb. 262), entspringt in mehreren, **Ligamentum pubocapsulare**

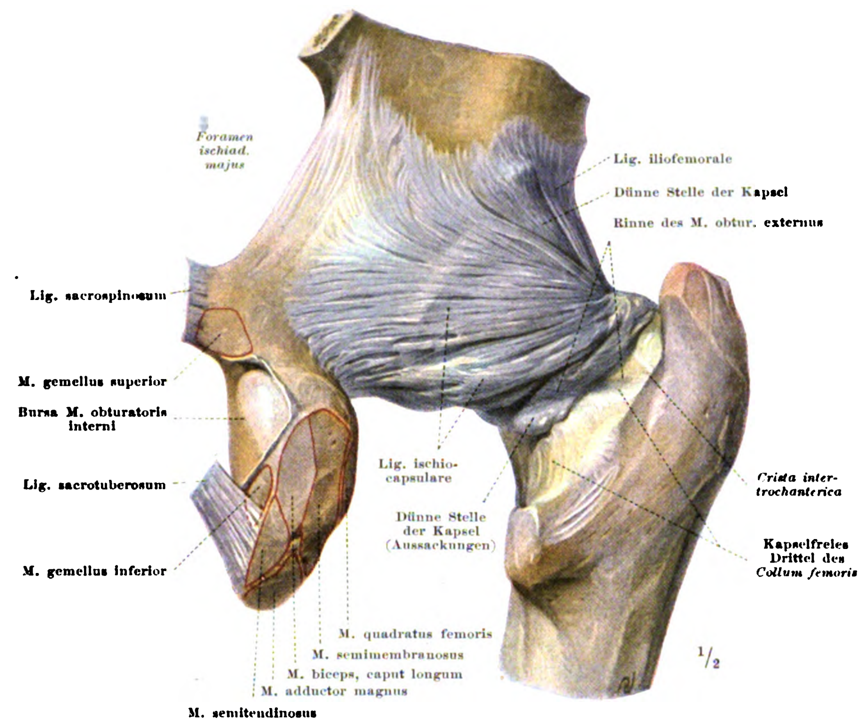


Abb. 266. Hüftgelenk von hinten, Becken in normaler Stellung, Oberschenkel senkrecht stehend, etwas nach innen rotiert.

oft schwer feststellbaren Zügen vom oberen Schambeinast und von dem angrenzenden Teil der Membrana obturatoria. Es geht in die Pars anterior des BERTINschen Bandes über, manche Fasern erreichen mit diesem den Knochen. Rechts formen beide Ränder des Lig. iliofemorale und das Lig. pubocapsulare zusammen den Buchstaben N. Infolge seiner Lage hemmt das Lig. pubocapsulare die Abduktion des Oberschenkels. Der Schenkelkopf verläßt mit einem Teil seiner überknorpelten Fläche nach unten zu die Gelenkpfanne, wenn die Beine extrem gespreizt werden, und kommt in diesem Falle auf das Lig. pubocapsulare zu liegen. Das Band trägt dann den Kopf, solange das Bein durch die Muskeln, welche spreizen, genügend fixiert ist.

Die Kapselwand ist in dem Dreieck zwischen den beiden Ligamenten am dünnsten (Abb. 262). Hier liegt die Bursa iliopectinea zwischen Kapselwand und M. iliopsoas (Abb. 252), die manchmal nach dem 10. Lebensjahr mit dem Gelenk

durch eine Öffnung der Kapsel kommuniziert (in nicht ganz 10% der Fälle). Immer ist die Kapsel so dünn, daß sie bei jeder Überspannung ausweichen kann, sei es, daß die Synovia bei plötzlichen Stößen das feine Trennungshäutchen gegen den Schleimbeutel vorstülpt (Bremswirkung), sei es, daß pathologische Ergüsse von der Gelenkhöhle aus oder Senkungsabszesse von der Unterfläche des Psoas aus die Membran perforieren.

Ligamentum ischiocapsulare

Viel ausgiebiger ist die Tragkraft des Ligamentum ischiocapsulare; es ist viel kräftiger ausgebildet als das vorige. Dieses Band entspringt vom Sitzbein unterhalb der Hüftpfanne und verläuft fast horizontal über den Schenkelhals hinüber auf den Ansatz der Pars superior des BERTINschen Bandes zu (Abb. 266). Es ist mit der letzteren und mit der Zona orbicularis in Zusammenhang. Dadurch wird die Zona nach dem Hüftknochen zu fixiert und in ihrer Lage erhalten (Tragapparat, S. 529).

Die beiden Ligg. ischiocapsularia liegen auf den Schenkelhälsen wie die Riemen eines Rucksackes, welche die Last auf beide Schultern verteilen; ebenso wird das Gewicht des Beckens und Oberkörpers durch die Tragbänder, welche auf den Schenkelhälsen ruhen, auf die beiden feststehenden Oberschenkel verteilt, solange wir auf beiden Beinen stehen. Das Band liegt oberhalb des M. obturator externus, welcher von unten her den Schenkelkopf trägt. Muskel und Band ergänzen sich zu einer Achtertour, in welche hüben und drüben Knochenstützpunkte des Hüftbeines und Rollhügels eingelassen sind (Abb. 267); sie ist an den Schenkelhals angepreßt und hält ihn halb umfaßt. Ihre aktive und passive Komponente sind jederzeit genau gegeneinander ausregulierbar. Wenn bei schwerer Rucksacklast die Tragriemen die Schultern zu sehr nach hinten ziehen, können wir durch aktiven Druck mit den Fingern auf den Vorderteil der Riemen ganz ähnlich, wie es hier die Muskelkomponente der Schlinge vermag, die Gewichtsverteilung anders richten und die Schultern von störenden Nebenkomponenten entlasten.

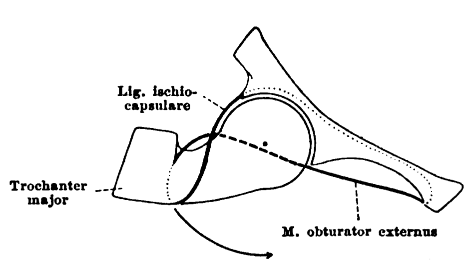


Abb. 267. Bandmuskelschlinge zur Fixierung des Hüftgelenkes. Von oben (kranial) gesehen. Die Verbindungslinien von Band und Muskel innerhalb des Knochens sind punktiert. Der gebogene Pfeil entspricht der Innenrotation.

Da das Lig. ischiocapsulare seiner Lage nach immer mehr gespannt wird, je mehr sich der große Rollhügel um den Drehpunkt des Schenkelkopfes nach vorn bewegt (Abb. 267, Pfeil), so hemmt es die Einwärtsrollung des Oberschenkels. Die totale Hemmung erfolgt, wenn der Oberschenkel von der Normalstellung aus um 36 Grad nach innen rotiert. Die Wirkung ist antagonistisch der hemmenden Wirkung der Pars superior des BERTINschen Bandes auf die Außenrotation und läßt, wie bei diesem erwähnt, etwa den dreifachen Spielraum. Mit dem BERTINschen Band zusammen hemmt es die Rückhebung (Retroversion des Oberschenkels im Hüftgelenk).

Bei Elevation des Oberschenkels erschlafft es wie das BERTINsche Band; infolgedessen wird dann die Innenrotation freier. Ihr Gesamtumfang steigt, wie beim Lig. iliofemorale erwähnt wurde, in dieser Stellung auf fast das Doppelte.

Drei dünne Stellen der Hüftkapsel (Druckpunkte)

Den drei am Knochen entspringenden Außenbändern des Gelenkes entsprechen drei dünne Stellen der Kapselwand, welche zwischen den Rändern der Bänder freibleiben. Eine dünne Stelle liegt zwischen Lig. iliofem. und Lig. pubocaps. vorn (Abb. 262), eine andere hinten zwischen Lig. ischiocaps. und Lig. iliofem. (Abb. 266). Zwischen Lig. pubo- und ischiocapsulare quillt ein Wulst, ähnlich dem Recessus sacciformis des Ellenbogengelenkes am Radius,



längs dem ganzen unteren Rand des Lig. ischiocapsulare vor, wenn der Gelenkraum injiziert wird. Gewöhnlich liegt dieses Stück der Kapsel dem Schenkelhals in Falten an, welche ihm den genügenden Spielraum zur Rotation lassen (Abb. 266).

Bei der Präparation wird dieser Teil der Kapsel wegen seiner Dünne leicht übersehen. Er liegt unter der Sehne des M. obturator externus und hat oft gegen die Insertion des Quadratus femoris hin oder an anderen Stellen kleine Aussackungen.

Die Lücke zwischen Lig. iliofem. und Lig. ischiocaps. ist dreieckig, wie diejenige auf der Vorderseite der Kapsel, aber ganz besonders wechselnd an Größe je nach der Breite der beiden Bänder, welche sie seitlich begrenzen, und je nach der Breite der Zona orbicularis, welche sie nach unten zu abschließt. Bei stark entwickelten Bändern besteht nur eine spaltförmige dünne Partie an dieser Stelle.

Die drei dünnen Kapselstellen werden bei entzündlichen Gelenkergüssen nach außen vorgetrieben und sind besonders schmerzhaft. Namentlich die beiden dreieckigen Stellen in der vorderen und hinteren Kapselwand sind in solchen Fällen charakteristische Druckpunkte, welche durch die Muskulatur hindurch (Psoas, Glutaei) auf den tastenden Finger ansprechen.

Die schwächste Stelle der Kapsel

Überblicken wir die Gesamtverteilung der verstärkten und verdünnten Kapselpartien, so sind die enorme Stärke der vorderen Kapselwand (Lig. iliofemorale) und die große Schwäche der unteren Kapselwand (zwischen Lig. pubo- und ischiocapsulare) am wichtigsten. Erstere hemmt die Rückhebung des Beines im Hüftgelenk, letztere gestattet die Vorhebung des Oberschenkels bis zum Anschlag an die vordere Bauchwand. Die Hemmnisse, welche der Erhebung des Beines nach vorn bei gestrecktem Knie entgegenstehen, gehen bekanntlich nicht von den Kapseln aus (S. 488). Alle Hemmungen sind reine Muskel- oder Bandhemmungen. Knochenanschläge kommen erst hinzu, wenn die Kapsel einreißt.

Ein klarer Beweis für die Schwäche der unteren Kapselwand ist die Zerreißung, die bei nicht angeborenen Hüftgelenksverrenkungen fast ausschließlich diese Stelle trifft (Luxatio femoris traumatica). Doch ist die Stelle durch besondere Faserzüge genügend verstärkt, um namentlich beim Kind eine Ausrenkung zu verhindern, wenn der Oberschenkel passiv gegen die Bauchwand gedrängt wird und die zwischen Bein und Bauch eingeklemmte Muskulatur wie ein Keil den Oberschenkelkopf aus der Pfanne zu hebeln sucht. Die verschiedene Stellung des Kopfes nach vollzogener Luxation in pathologischen Fällen ist nicht auf die Lage der drei dünnen Kapselstellen beziehbar, wie man früher glaubte. Der Kopf verläßt die Kapsel vielmehr so gut wie immer in der Richtung nach unten; die Verrenkung tritt nur bei starker Abduktion des Beines ein. Das schwache Lig. pubocapsulare reißt gewöhnlich mit ein. Durch die Incisura acetabuli am unteren Rand der Pfanne fehlt die knöcherne Hemmung, die an allen anderen Stellen durch den hohen Knochenwall der Pfanne in Reserve ist, falls die Kapsel reißen sollte.

Das Bein nimmt je nach der Lage des luxierten Kopfes verschiedene sehr charakteristische Stellungen ein. Am häufigsten schiebt sich der Kopf nach hinten bis auf die Darmbeinschaufel in die Höhe oder nur bis gegen den Sitzbeinstachel vor, seltener rückt er nach vorn auf das verstopfte Loch oder auf den Schambeinrand: Luxatio iliaca, ischiadica, obturatoria, supra- und infrapubica. Die Häufigkeitsskala, welche in dieser absteigenden Reihe eingehalten ist, ist ein Ausdruck der Gewalteinwirkungen, welche den luxierten Kopf, der am unzerreißbaren Lig. Bertini wie an einem Zügel hängt, an seinen neuen Platz dirigieren. Bei der häufigsten Luxatio iliaca ist das kranke Bein um den Betrag verkürzt, um welchen der Schenkelkopf in die Höhe gerückt ist. Der Oberschenkel steht adduziert und nach innen rotiert; durch diesen Befund wird bewiesen, daß das erhaltene Bertinsche Band und die gezerrten vorderen Hüftmuskeln die neue Stellung erzwingen. In ähnlicher Weise kann man auch be den anderen Verrenkungen die Bedeutung der normalen Band- und Muskelansätze kontrollieren. Der Arzt benutzt bei der Reposition des ausgerenkten Hüftkopfes das Lig. iliofemorale, um ihn wieder an seinen Platz zu lenken.



5. Die Hüfte als Ganzes in Ruhe und Bewegung.

a) Einleitung.

Versteckte Lage des Hüftgelenkes

Die Hüftgelenke, die Gelenke zwischen Becken und Lendenwirbelsäule und zwischen den Wirbeln selbst, welche die Stellung des Rumpfes zu den unteren Extremitäten oder umgekehrt regulieren, liegen alle sehr versteckt unter Massen von Muskeln, welche die verschiedenen Haltungen der Hüfte zu fixieren und Bewegungen an den genannten Stellen auszuführen haben. Für die Wirbelsäule und die Rückenmuskeln, die besonders massig gegen das Becken zu werden, verweise ich auf frühere Ausführungen. Auch das Hüftgelenk ist viel mehr als das Schultergelenk in die Tiefe unseres Körpers versenkt. Es erfordert eine viel größere Masse von Muskulatur, als die Schulter nötig hat, um im Hüftgelenk die Last des Beines zu lenken, die weit größer ist als die Last des Armes, oder um die ungleich größere Last des Oberkörpers freischwebend auf den Beinen oder gar auf einem Bein zu halten. Das Gesamtgewicht der um jedes Hüftgelenk gruppierten Muskeln (ohne Adduktoren) beträgt bei einem kräftigen Mann ca. 2 Kilo, dasjenige der entsprechenden Schultermuskeln nur die Hälfte (ohne die zur Extremität gehörigen Brust- und Rückenmuskeln). Trotzdem würde die Muskulatur für die Hüfte nicht genügen, wenn nicht eine Reihe von passiven Einrichtungen sie in bestimmten Stellungen entlasten könnte. Das sind die Stellungen, die wir instinktiv einnehmen, wenn wir ermüdet sind, oder die muskelschwache Menschen bevorzugen (kranke, alte Leute). Die Muskelfasern der Hüftmuskeln sind durchschnittlich kürzer als diejenigen der Schultermuskeln, weil es bei der Hüfte mehr auf Kraft und Ausdauer, bei der Schulter mehr auf Hubhöhe und Schnelligkeit ankommt. Deshalb gruppieren sich auch die meisten Hüftmuskeln viel dichter um das Hüftgelenk als die Schultermuskeln, die sich zum Teil mit dem einen Ende weit über die Brust, den Rücken und den Hals ausgebreitet und dadurch enorme Muskellängen erreicht haben. An der Hüfte überwiegt zwar das Gewicht — die Zahl aller Hüft- und Schultermuskeln ist die gleiche (17) —, aber die Beweglichkeit der Hüfte ist im ganzen einförmiger (nicht eingeschränkter) als bei der Schulter. Der Erwerb des aufrechten Ganges ist vom Menschen mit der Preisgabe der mannigfaltigen Beinbewegungen der kletternden, springenden, hangelnden Tiere bezahlt worden, von welchen wir nur Reste aufweisen. Die Schulter dagegen ist äußerst vielseitig, beweglich in sich und sogar ein Mittel der Ausdrucksbewegung für die menschliche Psyche geworden (Gesten). Die Masse des Muskelfleisches, die das Hüftgelenk überdeckt, seine eng zusammengedrängten Individuen und die verhältnismäßige Monotonie des Bewegungsspieles sind Gründe dafür, daß das Hüftgelenk sich am Lebenden viel mehr der Untersuchung entzieht als das Schultergelenk.

Die versteckte Lage äußert sich auch darin, daß direkte Verletzungen (Frakturen) außer durch Geschoße beim Hüftgelenk nicht vorkommen und daß die vorkommenden indirekten von fernher durch die Hebelkraft des Beines oder Rumpfes gesetzt werden. Der Widerstand des Gelenkes ist so groß, daß bei nicht sehr festen Knochen (Jugendliche, Greise) eher der Schenkelhals bricht, als daß die Kapsel reißt und den Kopf aus der Pfanne läßt. Hierbei zeigt sich, wie sehr das Gelenk selbst auf Festigkeit gebaut ist.

Roser-Nélatonsche Hilfslinie

Bei mageren Menschen kann man bei gestrecktem Bein noch am ehesten den Schenkelkopf unterhalb des Leistenbandes durch den Iliopsoas hindurch fühlen. Im allgemeinen ist man aber auf indirekte Methoden angewiesen, um sich über seine Lage beim Lebenden zu orientieren. Als hauptsächlichster Anhalt dient der große Rollhügel, weil er unmittelbar unter der Haut liegt. Besonders bei Adduktion des Oberschenkels springt er stark nach außen vor. Sonst liegt meist über und hinter ihm eine Delle der Haut (Trochantergrube,



Abb. 229), weil die Muskelwülste der Umgebung ihn überhöhen. Die Spitze des großen Rollhügels liegt in der Querachse, um welche sich die Ante- und Retroversionen des Oberschenkels und Beckens vollziehen (Abb. 268). Sie ist eine vorzügliche Marke, um bei jeder beliebigen Stellung von Oberschenkel oder Becken zu erkennen, wo in der Tiefe der Schenkelknochen am Becken verankert ist. Man benutzt dazu zweckmäßig eine Hilfslinie, die ROSER-NÉLATONsche Linie; sie verläuft in gerader Richtung vom oberen vorderen Darmbeinstachel durch die Trochanterspitze zum Sitzhöcker (Abb. 269). Am bequemsten zieht man sie am Lebenden, indem man den Oberschenkel bis zur Horizontalen vorheben läßt, z. B. im Stehen durch Aufsetzen des Fußes auf eine niedrige Bank, weil dabei der Glutaeus maximus vom Sitzhöcker weggeschoben und die genaue Festlegung dieses Knochenpunktes erleichtert wird. Aber auch jede andere Stellung des Beines ist brauchbar, solange es um keine andere als um die genannte Transversalachse gedreht wird. Für den Arzt ist diese Hilfslinie deshalb so wertvoll, weil sie sofort darüber orientiert, ob der Schenkelkopf an seiner richtigen Stelle und im richtigen Zusammenhang mit dem Schaft steht. Ist der Schenkelhals gebrochen oder der Schenkelkopf luxiert, so liegen die drei Punkte: Spina — Trochanter — Tuber nicht mehr in gerader Richtung. Das gleiche ist aber auch in der Norm der Fall, wenn der Oberschenkel ab- oder adduziert oder gleichzeitig damit um die Drehachse des Oberschenkels rotiert wird (Abb. 268). In diesen Fällen wird die Trochanterspitze aus der Richtung der ROSER-NÉLATONschen Linie herausgehebelt. Sie gilt also nur für irgend eine Stellung des Beines in der Sagittalebene durch den Drehpunkt des Femurkopfes, in welcher alle reinen Vor- und Rückhebungen sich abspielen.

Abb. 268. Achsen der unteren Extremität. Knochen in den natürlichen Abständen, Normalstellung.

Legt man eine Ebene (senkrecht schraffiert, Abb. 269) durch die drei Punkte, welche die ROSER-NÉLATONsche Linie bestimmen, so halbiert diese Ebene in der Tiefe den Schenkelkopf in eine obere und untere Hälfte. Ein Lot senkecht zur Haut, welche den Trochanter major bedeckt, trifft den Drehpunkt des Schenkelkopfes. Zieht man eine zweite Hilfslinie von der Spina iliaca posterior inferior zum Tuberculum pubicum (gestrichelte Linie), so halbiert diese die ROSER-NÉLATONsche Linie. Sie teilt in der Tiefe den Schenkelkopf in einen vorderen und hinteren Abschnitt (der vordere ist etwas kleiner als der hintere). Wie bei einer geometrischen Vermessung ist mittels der angegebenen Hilfslinien indirekt die Position des beim Lebenden direkt weder sicht- noch fühlbaren Schenkelkopfes für praktische Zwecke hinreichend genau feststellbar.

Eine sehr bequeme Handhabe zur Bestimmung der Richtung, in welcher der Schenkelkopf zum Schaft steht, ist der Condylus medialis am distalen Femurende (Abb. 268). Er steht in der gleichen Richtung wie der Kopf. Diese Marke gilt natürlich für jede beliebige Stellung von Schenkel und Becken zueinander; sie versagt nur, wenn die Teile des Femur gegeneinander verschoben sind, z. B. bei Knochenbrüchen oder bei pathologisch erweichten und in sich torquierten Knochen (Coxa vara, siehe Femur).

Für die feinere Röntgenuntersuchung ist die versteckte Lage des Hüftgelenkes und namentlich die große Knochenmasse des Beckenringes hinderlich. Bei Übersichtsaufnahmen des Beckens kräftiger Personen ist der Röntgenphotograph heute noch genötigt, Verstärkungsschirme zu benutzen, deren grobes Korn nicht die Feinheiten der photographischen Platte zur Geltung kommen läßt und die deshalb für alle anderen Skelettaufnahmen verpönt sind. Für alle gröberen Verhältnisse der Hüfte ist trotzdem die Röntgenuntersuchung eine äußerst wertvolle und viel benutzte Methode.

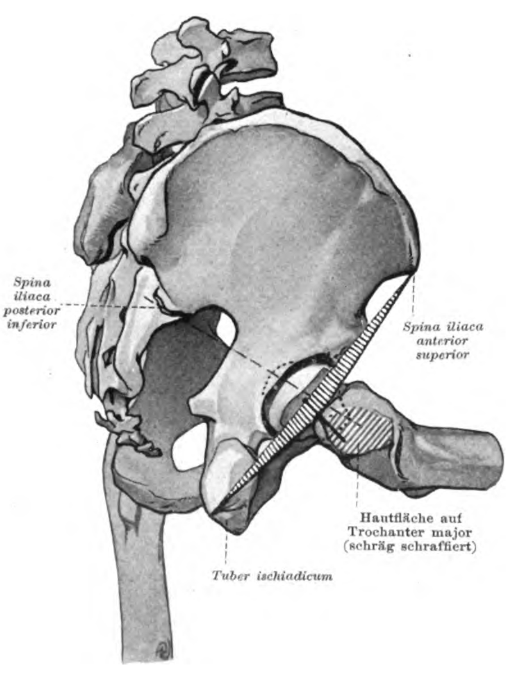


Abb. 269. Roser-Nélatonsche Linie. Sie ist schwarz eingetragen. Die drei Punkte, welche sie bestimmen, liegen wie die Fußpunkte und die Spitze eines stumpfwinkligen Dreiecks (senkrecht schraffiert) zueinander. Das in Abb. 249 abgebildete Bein hat die gleiche Stellung.

b) Der Verkehrsraum des Hüftgelenkes.

Begrenzung beim Bänder- und Muskelpräparat

Das distale Ende des Femur beschreibt eine Kugelschale, in deren Zentrum der Drehpunkt des Schenkelkopfes liegt, Bahnkugel (Abb. 270). Zeichnet man mit dem distalen Ende des Femur alle Extremlagen wie mit einem Schreibhebel auf die Innenfläche des Globus auf, so bekommt man die Grenzlinie für den Verkehrsraum des Gelenkes. Innerhalb der Grenzlinie ist jeder beliebige Punkt für das distale Femurende erreichbar. Die gezeichnete Grenzlinie kann nur erreicht werden, wenn die spiralige Drehung der Bänder des Hüftgelenkes abgewickelt und die Bänder entspannt sind, wozu für jede Stellung eine bestimmte Rotationsstellung des Oberschenkels gehört. Sie ist in die Grenzlinie eingetragen durch Pfeile, welche in der Richtung der beiden distalen Kondylen des Femur stehen. Die Spitzen der Pfeile zeigen in der gleichen Richtung wie der Condylus medialis, geben also auch die Richtung des Schenkelkopfes für jede Extremstellung an. Die Bänder, welche das Femur verhindern, den Verkehrsraum des Gelenkes zu überschreiten, können wie Anschläge aufgefaßt werden. Die Marke für das Lig. iliofemorale beispielsweise bezeichnet die Seite und die Strecke der Grenzlinie, an welcher das Band als Anschlag wirkt (es ist nicht die Lage des Bandes gemeint; diese ist gerade entgegengesetzt). Die Blockierungslinien für die anderen Hemmungsbänder sind ebenso eingezeichnet. Außerdem ist die Muskulatur eine wichtige Bremse, welche beim Lebenden gewöhnlich keine maximalen Ausschläge zuläßt, sondern allseitig hemmt, bevor die Grenze der im Gelenk möglichen Bewegungen erreicht ist.

Auch beim Muskelpräparat ist der Verkehrsraum des Hüftgelenkes eingeschränkter als beim Bänderpräparat, weil der passive Widerstand vieler Muskeln früher hemmt als die Bänder. Die Blockierung nach oben zu ist durch Muskeln auf der Hinterseite des Hüftgelenkes bewirkt (Glutaeus maximus u. a.), nach innen zu durch Muskeln auf der Außenseite des Gelenkes (Glutaeus medius, minimus u. a.; vgl. die Richtungslinien der Abb. 246). Die Verteilung an der Leiche ist so, daß nach oben und innen zuerst die Muskelhemmung und dann die Bandhemmung überwunden werden muß, ehe der Verkehrsraum überschritten werden könnte, daß nach unten und außen beide Blockierungen gleichzeitig gesprengt werden müßten. Die Erfahrung lehrt, daß der schwache Punkt dieser Konstruktion oben und außen liegt, offenbar, weil hier zwischen den schwächsten Bändern, dem Ligamentum teres und L. pubocapsulare, die Blockade nicht immer genügt. Die Hemmungsmuskeln für die Außenseite, die Adduktoren, die lang und dehnbar sind, versagen zuerst. Nach dieser Seite zu, d. h. in Abduktionsstellung, ereignen sich fast alle Hüftgelenksverrenkungen. Die Kapsel reißt nach unten zu ein.

Grenzlinie beim Lebenden

Beim Lebenden wirkt der Muskeltonus hemmend auf das Gelenk, so daß nach allen Seiten zuerst die Muskulatur bremst, ehe die bei Präparaten ermittelten Grenzlinien erreicht werden. Am stärksten ist die Einschränkung, wenn das gestreckte Bein nach vorn gehoben wird, weil dann die Beugemuskeln an der Hinterseite des Oberschenkels (Semitendinosus, Semimembranosus, langer Bizepskopf) Widerstand leisten. Beugt man das Knie, so erschlaffen diese Muskeln maximal, und erst dann läßt sich der Oberschenkel bis zur Horizontalen und darüber hinaus heben. Ist die Muskulatur entzündet, so ist sie besonders empfindlich; sie ist dann ein feines Reagens, das uns lehrt, welche Seiten des Gelenkes beim Lebenden durch die normale Muskeltätigkeit blockiert werden. Diese Stellungen werden z. B. bei akuter Hüftgelenksentzündung vermieden, um die überempfindliche Muskulatur zu schonen. Das ist mit ein Grund, weshalb hüftkranke Menschen im Anfang des Leidens den Oberschenkel antevertieren, abduzieren und nach außen rotieren und in dieser Stellung fixiert halten. Der Schenkel rückt dabei möglichst weit von der bereits an der Leiche eingeengten medialen Muskelgrenze weg (Abb. 270, punktierte Linie). Die kleinen Glutäen sind in Außenrotation und Abduktion des Oberschenkels am meisten geschont. Die Grenzlinie nahe dem unteren Pol, welche an der Leiche für Bänder und Muskeln gleich ist, wird durch die Empfindlichkeit des Iliopsoas stark eingeengt. — Bei andauernden Hüftgelenksentzündungen wechselt die Stellung des Beines nach einiger Zeit; es stellt sich statt Abduktion Adduktion und statt Außenrotation Innenrotation ein. Nur die Vorhebung (Anteversio) bleibt bestehen. Wahrscheinlich spielen dabei die Bettlage und reflektorische Innervationen eine Rolle. Doch ist darüber noch keine Klärung erzielt.

Lig. teres
Äquator
Lateral
Medial
Grenzlinie
Lig. pubocapsulare
Lig. iliofemorale, Pars superior
Lig. iliofemorale, Pars anterior
Pol
Lig. ischiocapsulare

Abb. 270. Bahnkugel mit Verkehrsraum des rechten Hüftgelenkes. Grenzlinie beim Bänderpräparat mit ausgezogener Linie, beim Muskelpräparat mit punktierter Linie. Globus durchsichtig gedacht. Der Äquator der Kugel entspricht dem zur Horizontalen vorgehobenen Oberschenkel, der untere Pol dem senkrecht stehenden Bein (Normalstellung). Nach Ermittlungen von H. Strasser umgezeichnet.

Größe und Form des Verkehrsraumes

Der Verkehrsraum ist durch die ganze Bauart des Gelenkes (Nußgelenk), die starken Bänder und Muskeln nach allen Seiten hin viel ausgiebiger gesichert als beim Schultergelenk. Verrenkungen im letzteren sind sehr häufig, Hüftverrenkungen sehr selten. Die größere Stabilität des Hüftgelenkes ist der wesentliche Unterschied. Die Größe des Verkehrsraumes dagegen ist nicht geringer als beim Schultergelenk. Beide haben die Form einer Ellipse. Die Begrenzung des Bewegungsfeldes ist beim Schultergelenk nach

oben sogar eingeschränkter, denn der Arm kann in ihm allein nicht über die Horizontale emporgehoben werden — wohl in Kombination mit den Schlüsselbeingelenken —, das Bein wird dagegen im Hüftgelenk selbst maximal eleviert. Andrerseits geht die Abduktion im Schultergelenk weiter als im Hüftgelenk. Retroversion ist ebensowenig im Schulter- wie im Hüftgelenk möglich. Es sind also nicht die beiden einander korrespondierenden Gelenke selbst, welche die gesamte Stellung und Bewegung der Hüfte so sehr von der Schulter unterscheiden. Soweit vielmehr die Sicherungen der Stabilität des Hüftgelenkes die Grenzen seiner Ausschläge einengen könnten, ist das wettgemacht durch den schlanken Schenkelhals und die weit distal von der Epiphysenlinie inserierende Gelenkkapsel, Faktoren, welche die Beweglichkeit weit mehr fördern als der kurze Hals des Humerus und die proximal von der Epiphysenlinie inserierende Schultergelenkkapsel (Abb. 261).

c) Die Hüfte des Standbeines.

Stand- und Spielbein im allgemeinen

Wir haben früher die Gesamtbesprechung der Schulter auf die Basis gestellt, daß alle beteiligten Gelenke, Bänder und Muskeln berücksichtigt werden, nicht nur das Schultergelenk allein. Ebenso wenden wir uns jetzt bei der Hüfte zu einer Analyse des hier wirksamen Gesamtkomplexes. Wie die Stellungen und Bewegungen des Beckens im ganzen und die Bewegungen der Wirbelsäule zusammenarbeiten, um bestimmte Haltungen und Bewegungen in der Hüfte zu ermöglichen, ist das Problem, das uns hier beschäftigt.

Die innerhalb des Schulterapparates selbst möglichen Bewegungen fehlen beim Becken. Die grundsätzlichen Unterschiede zwischen Schulter und Hüfte schieben vielmehr im gewöhnlichen Leben so sehr dem Hüftgelenk selbst den Löwenanteil zu, daß es hier nötig war, zuerst dessen Anteil genau zu präzisieren. Die Anteile der Wirbelsäule sind mehr akzessorisch und treten erst bei abnormen Zuständen stark in den Vordergrund. Bei der Schulter dagegen arbeiten alle Anteile mehr gleichwertig ineinander, so daß jederzeit — bei völliger Anerkennung der Leistung des Einzelteiles — das Gesamtgetriebe im Vordergrund der Betrachtung stehen muß (S. 287 u. ff.).

Wir gehen von dem Unterschied zwischen der Benutzung der unteren Extremität als Stand- oder Spielbein aus (S. 484). Im ersteren Fall tragen eine oder beide Hüften die Last des Oberkörpers, je nachdem wir einen oder beide Füße belasten. Es kommt darauf an, das Becken und mit ihm den Oberkörper so zu stellen, daß wir ohne Gleichgewichtsstörung bestimmte Haltungen einnehmen können, welche für das aufrechte Stehen und Gehen nötig sind. Die Wirkung des ganzen Apparates geht vom Bein als Punctum fixum aus und ergreift das Becken als Punctum mobile. Im anderen Fall — Spielbein — ist umgekehrt das Bein das Punctum mobile. Es kommt darauf an zu verstehen, wie in diesem Fall durch das Hüftgelenk selbst und durch Verlagerung des Beckens im ganzen Haltungen und Bewegungen des Beines möglich werden, welche wir beim Gehen benutzen.

An die Tätigkeit des Beines als Spielbein wird sich das anschließen lassen, was außer in den verschiedenen Gangarten bei allen anderen Verwendungen des Beines die Hauptsache ist. Trotz der relativen Einfachheit der Hüfte liegen die Dinge so, daß es nicht anginge, alle möglichen Haltungen und Bewegungen zu behandeln. Wir müssen uns darauf beschränken, die wichtigeren zu analysieren. Doch gibt das, was über die Richtung der Muskeln mitgeteilt wurde (Abb. 246), jedem das nötige Material, um nach Analogie der hier folgenden Analysen auch für andere Fälle sich selbst Klarheit zu verschaffen.

Bequeme Haltung

Im ruhigen Stehen auf zwei Füßen unterscheiden wir die normale, bequeme (schlappe) und straffe (militärische) Haltung des Beckens. Ermüdete, schwächliche oder lässige Menschen schalten die Muskulatur soviel wie möglich aus, indem sie den Schwerpunkt des Oberkörpers ein wenig nach



hinten verlegen, bis das Lot hinter den Drehpunkt der Hüftgelenke fällt (Abb. 271, Pfeil c). Dies geschieht sehr einfach so, daß das Becken in den Hüftgelenken nach hinten geneigt (retrovertiert) wird, bis der Neigungswinkel des Beckens gegen die Horizontale sein Minimum erreicht (Abb. 231 b). Man denke sich den Hüftknochen wie einen Winkelhebel mit zwei ungleich langen Hebelarmen (Abb. 271). Ruht die Körperlast auf dem hinteren Hebelarm wie in unserem Fall, so kann man sich die Last wirksam denken mit derjenigen Komponente, welche am Ende des langen Hebelarmes im Kreuzbein angreift. Der kürzere vordere Hebelarm wird an seinem Ende durch die Spannung des Lig. iliofemorale und ev. durch den M. rectus femoris festgehalten. Der Winkelhebel ist durch die Schwere des Oberkörpers feststellbar ohne Beteiligung von Muskeln oder doch mit einem Minimum von Muskelaufwand. Das ist in einem gewissen Sinn die billigste Art zu stehen, weil die Unterhaltungskosten für die Arbeit der Bänder geringer sind als für die Muskelarbeit, die an einen großen Verbrauch von Kalorien und vermehrten Stoffumsatz des Körpers geknüpft ist. Wir nennen sie die bequeme Haltung.

Normale Haltung

Allen, die auf die übliche Beckenhaltung des Menschen geachtet haben, besonders den Künstlern, ist seit jeher bekannt, daß sie nicht der geschilderten passiven entspricht, sondern mehr aktiv ist. Sie gehört zur Normalstellung des ganzen Menschen (Abb. 1a). Das Becken steht so, daß der Schwerpunkt des Oberkörpers lotrecht über den Drehpunkten der Hüftgelenke liegt. Ist das Körpergewicht auf beide Füße gleichmäßig verteilt, so geht die Lotlinie durch die Mitte des Abstandes beider Hüftgelenke. Je mehr wir das Körpergewicht auf den einen oder anderen Fuß verlegen, um so mehr nähert sie sich dem betreffenden Hüftgelenk. In der Frontalebene, welche durch die Lotlinie und die Verbindungslinie der Hüftgelenke gelegt werden kann, befinden sich die Drehpunkte für den Kopf, für die Oberarmknochen, für die Knie und für die Füße. Auch die ruhig herabhängenden Hände liegen mit den Massenmittelpunkten in ihr. So steht der Körper im ganzen im labilen Gleichgewicht.

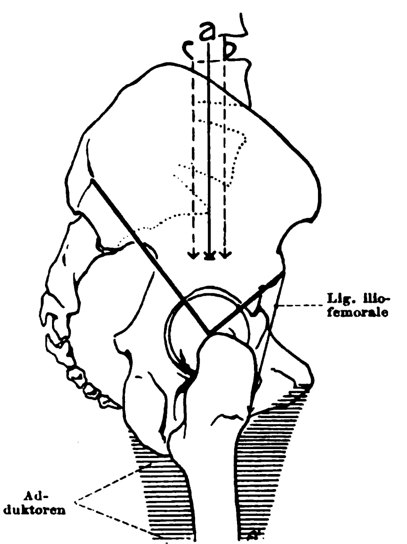


Abb. 271. Das Becken als Winkelhebel, schwarzer Eintrag in die Konturen des Knochens bei Normalstellung (Umzeichnung nach H. v. Meyer).

Ausnahmsweise läßt sich das Becken bei besonders kurzem Lig. iliofemorale gar nicht weiter nach hinten retrovertieren, die Normalstellung ist zugleich die bequeme Stellung. Der Verkehrsraum reicht über den unteren Pol der Bahnkugel gerade und schräg nach hinten um wechselnde Beträge hinaus (Abb. 270). Gewöhnlich ist eine Retroversion des Beckens oder Oberschenkels um ca. 15 Grad möglich. Stehen die Beine gespreizt, so ist der Ausschlag am größten. Stehen sie adduziert, so sinkt er schnell auf 0 herab. Wenn wir mit nach innen gekreuzten Beinen stehen, daß beide Oberschenkel adduziert sind, so tritt die Normalstellung des Beckens automatisch ein, weil das Ligamentum iliofemorale und die gedehnten Muskeln an der Vorderseite des Hüftgelenkes nicht weiter nachgeben. Da aber die normale Stellung der Beine auf beiden Füßen die ist, daß die Oberschenkel im ganzen parallel stehen, so ist gewöhnlich eine Muskelaktion nötig, um das Becken so weit nach vorn zu neigen, daß der Schwerpunkt des Oberkörpers über den Drehpunkt der Hüftgelenke zu liegen kommt.

Aktionsbereite Muskeln

Wir müssen uns vorstellen, daß in dieser Lage die Muskeln aktionsbereit sind, um jeden Augenblick einzugreifen, sobald der Schwerpunkt durch Veränderung der Haltung des Rumpfes, des Kopfes oder der oberen Glieder verändert wird. Alle Muskeln, welche an dem kurzen vorderen Arm des Winkelhebels angreifen (Abb. 271) und ihn nach unten ziehen, eignen sich dazu (Iliakus, Tensor fasciae latae, Adduktoren, Rectus femoris, Abb. 246 a). Sie sind nicht aktiv kontrahiert, solange wirklich das labile Gleichgewicht innegehalten wird, sondern der Tonus der lebendigen Muskulatur genügt, um diese Lage zu unterstützen. Das Gewicht der Adduktoren wirkt wie ein Gegengewicht gegen die Rumpflast, da es wie der Kiel eines Segelbootes unten am Rande des Beckens aufgehängt ist (S. 510).

Die Normalstellung ist die günstigste Ausgangsstellung. Vom Standpunkt der allgemeinen Körperökonomie aus ist wahrscheinlich in ihr der Nutzeffekt der Muskelernährung auf die Dauer am größten. Die sogenannte bequeme Haltung wird unrentabel, sowie Muskelanstrengungen zu gewärtigen sind. Eine Dauerbrandheizung ist unter Umständen billiger als Öfen, die jedesmal neu angebrannt werden müssen. Stehen die Muskeln des Körpers in Unterbilanz wie das Kohlenbudget des armen Mannes, so nehmen wir als Notbehelf die bequeme Haltung ein und schalten dadurch die Muskeln aus.

Die Bandhemmung ist eine Sicherung für den Fall, daß die Muskeln in der Normalstellung versagen; das Becken wird auch dann nicht nach hinten umkippen, sondern den Menschen vor dem Fall auf den Hinterkopf bewahren, solange die Beine nicht nachgeben.

Nach vorn ist die Sicherung rein muskulös und weniger fest; wir fallen in die alte Vierfüßlerstellung, von welcher aus das Kind noch das Gehen lernt, zurück, wenn der Körper nach vorn umkippt. Der Kopf ist durch die Benutzung der Arme vor dem Anprall auf den Boden geschützt. Aber dazu kommt es ja gewöhnlich nicht. Der Maissiatsche Streifen (S. 500) bremst jede plötzliche Bewegung des Winkelhebels der Hüfte. Ebenso die Adduktoren, welche das Becken beiderseits nach unten zu verlängern und wie mit zahlreichen Fingern an beiden Oberschenkelknochen in der ganzen Länge der Femora festgeklammert sind.

Der Glutaeus maximus wirkt beiderseits auf den langen, hinteren Arm des Winkelhebels (Abb. 271). In ihm findet das Becken bei der Vorneigung starken aktiven Widerstand; es erleidet in den Beugemuskeln des Oberschenkels, die bei starker Anteversion des Beckens überdehnt werden, schließlich eine passive Hemmung. Die Kontraktion des Glutaeus maximus ist ein gutes Anzeichen dafür, ob dem Becken Gefahr droht, nach vorn überzustürzen. In der gewöhnlichen aufrechten Körperhaltung sind die Glutaei maximi nicht kontrahiert, auch nicht beim Standbein während des Gehens auf ebenem Boden. Sowie aber vom Oberkörper kompliziertere Stellungen eingenommen, Gewichte mit den Armen getragen werden oder das Standbein beim Gehen auf unebenem Boden stärker beansprucht wird, kontrahiert sich der Maximus ein- oder beiderseitig. Man erkennt daran leicht das Bein, welches als Standbein benutzt ist; denn der kontrahierte Maximus erzeugt an der Oberfläche die wagerechte Gesäßfurche (Abb. 229 rechts).

Beim Klettern und Treppensteigen kontrahiert sich der Maximus des voranschreitenden Beines maximal, weil ihm die Aufgabe zufällt, die gesamte Last des Oberkörpers in die Höhe zu heben. Die Streckmuskeln des Knies sind ganz hauptsächlich dabei mitbeteiligt.

Sicherung gegen seitliches Umkippen

Das Umkippen des Beckens nach innen ist beim Stehen auf beiden Füßen unmöglich. Das Becken kann aber auch beim Stehen auf einem Bein (Standbein beim Gehen) deshalb nicht nach der nicht mehr unterstützten Seite (des Spielbeins) im Hüftgelenk überkippen, weil die Pars superior des Ligamentum iliofemorale nach dieser Seite das Hüftgelenk blockiert. Gewöhnlich sorgen die kleinen Mm. glutaei, welche das Becken nach außen zu umkippen können, dafür, daß beim Stehen auf einem Bein die Bandhemmung gar nicht beansprucht wird. Sie ist nur eine Sicherung für den Fall, daß diese Muskeln



versagen. Denn sie neigen beim gewöhnlichen Gehen das Becken nach der Seite des Standbeines hin um so viel, daß der Schwerpunkt des Körpers über dessen Hüftgelenk zu liegen kommt und im labilen Gleichgewicht bleibt (S. 496).

Nach der Außenseite des Standbeines zu wird das Überkippen des Beckens nur durch Muskeln verhindert, nämlich die Adduktoren und alle kurzen Rollmuskeln auf der Innenseite der Hüfte, welche eine adduktorische Komponente haben (Abb. 246a, b), also besonders viele und kräftige Muskelmassen, so daß die normale Haltung des Beckens gegen Abweichungen nach außen zu eher noch mehr gesichert ist als nach vorn zu. Wir konstatieren, daß für diejenigen Seiten des Standbeines, welche keine besonderen Bandsicherungen hemmen, besonders große Muskelmassen aufgehäuft sind.

Straffe, militärische Haltung

Die Muskelmassen, welche sich in der Normalstellung fakultativ betätigen können, werden in der straffen (militärischen) Haltung zum Teil obligatorisch wirksam. Denken wir uns den Schwerpunkt des Oberkörpers nach vorn verlegt, so daß er auf dem kurzen Arm des Winkelhebels im Hüftknochen lastet (Abb. 271b, Pfeil), so wird das Vornüberkippen des Beckens nur dadurch verhindert, daß der lange Arm des Hebels durch entsprechend starken Muskelzug dauernd festgehalten wird. Am wirksamsten ist der Glutaeus maximus, der am äußersten Ende des Hebelarmes angreift. Er muß das leisten, was bei bequemer Haltung das in der Richtung des Kreuzbeines wirkende Körpergewicht ohne Muskelarbeit erzielt. Der Ausbildung und Schulung des Glutaeus maximus der Rekruten ist denn auch die Aufmerksamkeit des ausbildenden Unteroffiziers besonders zugewendet, ohne sich dessen bewußt zu sein; er liest die Tätigkeit des Muskels an der Drehung der Fußspitze nach außen ab, welche automatisch jede brüske Kontraktion begleiten muß. Das Becken steht so steil, daß das Promontorium vor den Mittelpunkt des Hüftgelenkes rückt (Abb. 231a). In der gleichen Weise sind alle anderen Muskeln wirksam, die eine retrovertierende Komponente haben (MAISSIATscher Streifen, die kleinen Glutaei, Rollmuskeln, Beugemuskeln des Oberschenkels).

Abb. 272. Äquilibrium einer Plastik (Umzeichnung nach Harleß, plastische Anatomie 1876, Abb. 250.) Die einzelnen Körperteile sind durch Gewichte angedeutet, welche der Größe und dem Abstand von der Senkrechten entsprechend für jeden Körperteil berechnet sind. Die Gewichte sind so verteilt, daß der Wagebalken, auf welchem die Fußspitze befestigt ist, auf der Schneide der Wage im Gleichgewicht steht.

Passives u. aktives Äquilibrium

Im vorhergehenden haben wir die Voraussetzung gemacht, daß die Verlagerung des Körpergewichtes innerhalb der Hüftgelenke geschieht (im Sinne der Abb. 231). Aber auch wenn das Becken im Hüftgelenk feststeht, kann die Belastung nach irgend einer Seite vergrößert werden, ohne daß das Körpergleichgewicht verloren geht. Geschieht dies durch Verschiebung des Kopfes oder Heben eines Armes nach vorn, zumal wenn äußere Belastung durch Gewichte und dergleichen hinzukommt oder bei der Frau in der Schwangerschaft durch Vergrößerung der Brüste und durch Hängebauch, so läßt sich durch Zurücknahme der Schultern oder des anderen Armes, durch entgegengesetzte Biegungen der Wirbelsäule u. a. m. das Übergewicht wieder ausgleichen oder, soweit das nicht möglich ist, das Fehlende durch Muskelzug ersetzen. Die Erzgießer haben besondere technische Kenntnisse darin, wie eine Figur rein ihrer Masse nach ausgewogen sein muß, um auf einem relativ kleinen Unterstützungspunkt stehen zu können, weil das Gewicht des Erzes viel größer ist als das natürliche Körpergewicht, zumal bei überlebensgroßen Figuren. Der auf einer Fußspitze balancierende Merkur beispielsweise muß so um die Senkrechte, die man sich in der Fußspitze errichtet denkt, angeordnet sein, daß nach jeder Richtung hin das Massengewicht aller Teile zusammengenommen gleich ist. Sonst bricht er von dem Sockel, auf dem er steht,

ab (Abb. 272). Beim menschlichen Körper gilt das gleiche Problem. Soweit Verschiebungen innerhalb des labilen Gleichgewichtes der Teile nicht ausreichen, kann die dauernde Tätigkeit aktiver Muskelkräfte die fehlenden Gewichte ausgleichen. Es gibt eben im lebenden Körper unzählige Möglichkeiten, das Gleichgewicht zu erzielen. Eine der wichtigsten, weil am häufigsten benutzten und eingeschliffensten, ist die stärkere oder geringere Neigung des Beckens im Hüftgelenk.

Becken- u. Körperhaltung als psychische Begleiterscheinungen

Lässige Menschen überlassen unwillkürlich die Neigung des Beckens weniger dem aktiven Muskelspiel als den passiven Apparaten, energische Naturen verlegen ihre Kraft wie in alle Muskeln so auch in die Hüfte. Das gewollte Extrem ist die militärische Haltung, welche durch Schulung der Muskeln Einfluß auf die ganze Persönlichkeit zu gewinnen sucht. Das Problem, ob und wie bestimmte Körperhaltungen im Zusammenhang mit Gemütsstimmungen stehen und auf diese zurückwirken, ist neuerdings für die musikalische und poetische Stimmung behandelt worden (Rutzsche Methode). Für die allgemeine Ausdrucksbewegung ist außer der Gestikulation mit den Armen auch die Beckenhaltung nicht unwichtig. Die stolze (königliche), graziöse, demütige Haltung wird unter anderen durch die Hüftmuskeln vermittelt. Es gibt sexuelle Differenzen, die vielfach der Mode unterliegen. Auch die Kunst der verschiedenen Epochen ist darin ihre eigenen Wege gegangen. Die Antike hat bei der Frau das schwach geneigte Becken bevorzugt, der moderne Künstler wählt vielfach das Gegenteil. Den Rassen nach ist bei Estinnen eine besonders geringe, bei Hottentottinnen eine besonders steile Beckenneigung beobachtet (Abb. 250). Sonst sind die Rassenunterschiede und die sexuellen Unterschiede bei der Beckenneigung wenig ausgeprägt.

Beckenneigung u. Krümmung der Wirbelsäule

Die durchschnittliche Beckenneigung in der Normalstellung des Menschen (Neigungswinkel 60—65°) und die Werte des in bequemer oder straffer Körperhaltung üblichen Beckenwinkels schwanken beträchtlich (Abb. 231; Minimum 40°, Maximum 105°). Gerade die Fähigkeit feinster Reaktion auf die unendlich variierenden Ansprüche, die der Gesamtkörper stellt, um freie Beweglichkeit mit aufrechtem Stehen zu vereinigen, ist das Kennzeichen einer normalen Hüfte. Denken wir uns die Wirbelsäule und den Kopf steif in sich und mit dem Becken verbunden, wie wenn es ein starrer Stab wäre, so würden selbst kleine Änderungen des Beckenwinkels innerhalb der genannten Grenzen zu großen Ausschlägen des oberen Endes des Stabes und zu beträchtlichen Verlagerungen des Körpergewichtes führen. Wird der in Abb. 90 abgebildete Körper um den Mittelpunkt der Hüftgelenkspfanne nur um 5° gedreht, so ergibt sich am Scheitel des Schädels gemessen ein Weg von $7^1/_2$ cm. Dies würde eine einseitige Überlastung des Beckens und einen damit verbundenen starken Verbrauch von Muskelenergie bedeuten. In Wirklichkeit wird beides vermieden, da die normale Wirbelsäule imstande ist, die Ausschläge des Beckens so zu kompensieren, daß nur geringe Verlagerungen des Körpergewichtes die Folge sind. In der Regel wird der Winkel zwischen letztem Lendenwirbel und Kreuzbein, Lumbosakralwinkel, kleiner, sowie der Neigungswinkel des Beckens größer wird und umgekehrt (Abb. 231). Das heißt, wir sind gewohnt, uns in der Taille nach hinten zu biegen, wenn wir den Körper im ganzen nach vorn bringen. Von dem Lumbosakralwinkel ausgehend verändern sich alle Partien der Wirbelsäule entsprechend. Die ganze Architektonik der Wirbelsäule als einer vielfach gebogenen Feder ist darauf abgestellt, das Becken möglichst geringen Verschiebungen des Schwerpunktes auszusetzen.

Man kann das Verhältnis von Rumpf und Becken zueinander mit dem bekannten Spiel der Kinder vergleichen, welche sich mit gespreizten Beinen so auf eine Wippe stellen, daß der Wippbalken horizontal in der Schwebe gehalten ist. Drückt das Kind mit einem Bein einen Wippsitz herunter, so muß es den eigenen Körper so weit nach dem anderen Wippsitz herüberlegen, daß es selbst nicht das Übergewicht bekommt und abstürzt. Ebenso legt sich der Körper mittels der Wirbelsäule nach der entgegengesetzten Seite von derjenigen, nach welcher die Beckenneigung hin erfolgt. Genau das gleiche ist bei seitlichen Neigungen des Beckens der Fall. Die Wirbelsäule reagiert darauf mit seitlichen Biegungen nach der entgegengesetzten Seite.

Drei große Züge auf jeder Körperseite stellen, wie die Segeltaue eines Schiffes den ganzen Oberkörper nach vorn, hinten oder seitlich so ein, wie es für die betreffende Beckenstellung richtig ist, um das Gleichgewicht des Ganzen mittels möglichst geringen Muskelaufwandes innezuhalten. Ein großer Zug von Muskeln steigt vom Unterschenkel aus durch den kurzen Kopf des Biceps femoris, Adductor longus und Rectus abdominis zur Vorderwand des Brustkorbes auf (Abb. 255), ein anderer erreicht durch den langen Bizepskopf das Becken und von da aus die Hinterwand des Brustkorbes. Dieser zweite Zug ist in zwei Unterzüge gespalten, von welchen der eine ventral, von der Wirbelsäule verläuft (Iliopsoas, Quadratus lumborum), der andere dorsal zu ihr liegt (tiefe Rückenmuskulatur, Abb. 108, 255). Alle drei sind Einheiten, in welche das Becken wie das Schulterblatt in die Muskelschlingen der Schulter eingefügt ist (Abb. 146). Gegenüber letzteren besteht hier die besondere Aufgabe, daß nicht nur das Becken innerhalb dieser Züge auf- und abbewegt, sondern auch der Brustkorb und Kopf entsprechend gegenbewegt werden. Drei einheitliche Muskelzüge für das Äquilibrium

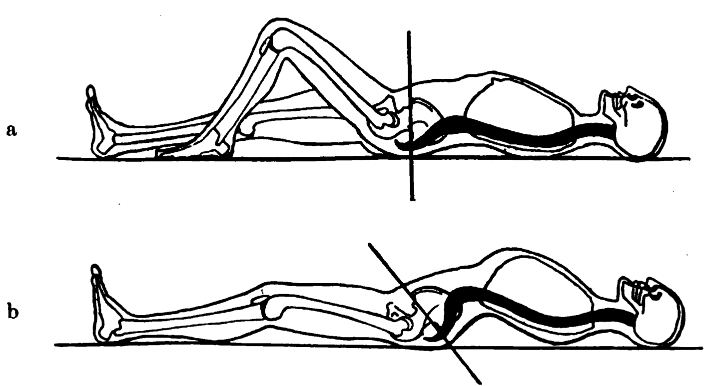


Abb. 273. Ausgleichende Lordose bei Hüftgelenksentzündung (Coxitis). a) Liegen mit vorgehobenem Oberschenkel des kranken Beines. b) Liegen mit ausgestreckten Beinen. Die vertikale Hilfslinie in Abb. a entspricht der Horizontalebene des Beckens bei aufrechtem Stehen; sie gibt an, wie sehr das Becken in Abb. b nach vorn gekippt ist. (Schema aus Treves-Keith, Chirurgische Anatomie, 1914, S. 372.)

Es gibt kaum ein besseres Mittel, das normale Ineinandergreifen von Hüfte und Wirbelsäule zu verstehen, als eine Orientierung über die atypischen (krankhaften) Beckenstellungen. Diese extremen Fälle werfen ein helles Licht auf das normale, viel weniger auffällige Geschehen; sie haben ihre besondere Bedeutung durch die Fernwirkung von Veränderungen, die deshalb so leicht verkannt werden, weil Mangel an Übung und Trägheit in der Beobachtung den Untersucher verleiten, immer nur auf die nächste Umgebung einer Stelle zu achten, welche gefühlsbetont ist (Schmerz des Patienten u. dgl.). Die Hüfte ist aber wie kein anderer Teil der Glieder in den Gesamtbetrieb des Bewegungsapparates hineingestellt, schon weil ein Stück Wirbelsäule Bestandteil des Beckens ist, und sie kann deshalb ihre Veränderungen weithin in den Körper ausstrahlen. Ist z. B. das eine Hüftgelenk entzündet, so nimmt das Bein diejenige Lage an, in welcher die Bänder und Muskeln am wenigsten gespannt und schmerzhaft sind, und in welcher die Gelenkkapsel am meisten Flüssigkeit faßt; das ist die Anteversion des Oberschenkels. Von der Abduktion und Außenrotation, die dazu gehören, sei hier abgesehen. Ein bettlägeriger Patient wird auf die Dauer das Bein nicht in der unbequemen Vorhebung halten (Abb. 273a); er vermag leicht das Becken so weit nach vorn zu neigen, daß der Oberschenkel horizontal zu liegen kommt und das Knie gestreckt werden kann. Maskierte Beckenneigung nach vorn

Wäre die Wirbelsäule steif, so müßte der Oberkörper um den Betrag aufgerichtet werden, um welchen sich die Hilfslinie in Abb. 273b schräg gestellt hat. Statt dessen krümmt sich die Lendenwirbelsäule an der Grenze gegen die Brustwirbelsäule stärker. Der Patient liegt mit hohlem Kreuz, aber mit gestreckten Beinen im Bett (ausgleichende Lordose). Die Vorhebung im Hüftgelenk ist „maskiert". Ein Griff unter den Rücken belehrt den Kundigen sofort darüber, daß das Hüftgelenk nur scheinbar gestreckt ist. Richtet man die Wirbelsäule des liegenden Patienten gerade, so tritt sofort die latente Anteversion des Hüftgelenkes zutage.

Im Stehen wird das hohle Kreuz benutzt, um die Fußspitze, die bei vorgehobenem Oberschenkel den Boden nicht erreichen würde, dem Boden zu nähern und die ungleiche Länge der Beine möglichst auszugleichen.

Beim normalen Menschen pflegt ganz ebenso ein steil gestelltes Becken mit einer stark ausgehöhlten Lendengegend kombiniert zu sein, sog. Lendensattel (Abb. 274). Nur ist es bei diesem kein Zwang, sondern die für das Gleichgewicht

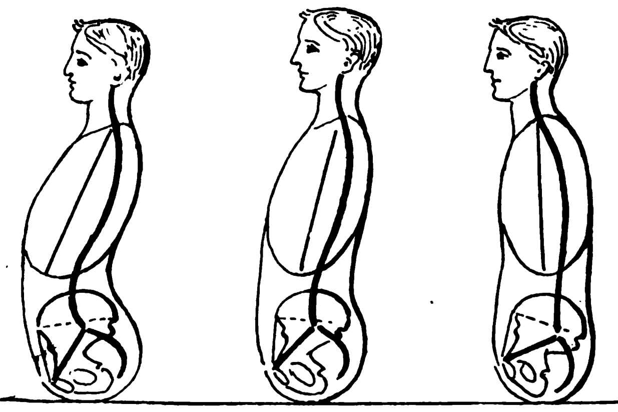


Abb. 274. Beckenneigung und Lendenkrümmung. a) Steilgestelltes Becken und Lendensattel. b) Mittlere Beckenneigung und mittlere Lendenkrümmung. c) Flach gestelltes Becken und „runder Rücken". (Aus Strasser, Bd. II, S. 268.)

vorteilhafteste Kombination der meist instinktiv, aber freiwillig gewählten Beckenneigung und Wirbelsäulenkrümmung.

Wir können die Wirbelsäule auch ohne Beckenvorneigung nach hinten biegen, indem wir nämlich das Becken im ganzen nach vorn verschieben, wie wir es gewöhnlich bei extremer Rückbeugung des Körpers tun (Abb. 86).

Maskierte Beckenneigung nach der Seite

Wird das Becken seitlich geneigt, so biegt sich die Wirbelsäule vikariierend nach der entgegengesetzten Seite (ausgleichende Skoliose). Auch dafür gibt das Extrem der atypischen Beckenstellung eine gute Illustration. Bei bettlägerigen Kranken mit einer lange währenden Hüftgelenksentzündung gerät der Oberschenkel des kranken Beines schließlich in dauernde Adduktionsstellung (S. 539). Die Folge für den Kranken wäre, daß er das kranke Bein schräg über oder unter das gesunde Bein legen müßte, wenn nicht durch seitliche Beckenneigung leicht das Bein ungefähr parallel dem gesunden gelegt werden könnte (Abb. 275). Wäre die Wirbelsäule ein starrer Stab, so müßte sich der Oberkörper entsprechend der Seitenneigung des Beckens schief einstellen. Der Patient liegt aber in Wirklichkeit gerade in seinem Bett, weil das die bequemste Lage ist; er gleicht die Schiefstellung des Beckens durch eine Skoliose der Lendenwirbelsäule aus. Die Adduktion im Hüftgelenk ist also durch einseitiges Hochziehen des Beckens so maskiert, daß die Bettlage anscheinend ganz normal ist.

Sobald wir auf einem Bein stehen, z. B. alternierend beim Gehen, kippen wir das Becken nach dem Standbein zu, um auf dieses die Körperlast zu übertragen. Die Stellung ist gleich der in Abb. 275c, nur ist die Beckenneigung weniger hochgradig. Das Bein auf der Beckenseite, welches gehoben wird, ist das Spielbein. Es wird durch sein Gewicht adduziert, weil es dann im Lot hängt. Es ist scheinbar kürzer als das Standbein, weil es um den Ausschlagwinkel der seitlichen Beckenneigung gehoben ist. Das kommt dem Durchschwingen des Spielbeines zugute, weil die Fußspitze weniger Gefahr läuft auf dem Boden zu schleifen.

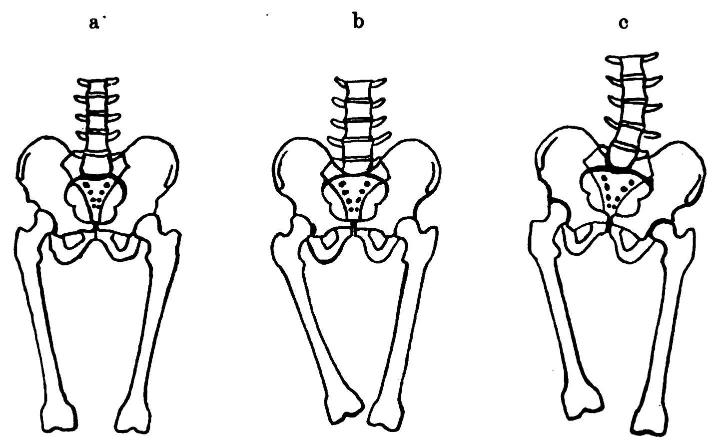


Abb. 275. **Ausgleichende Skoliose bei Hüftgelenksentzündung.** a) Normale Stellung, b) Adduktionsstellung des kranken Beines (rechts), c) Ausgleich der Adduktion durch Schiefstellung des Beckens. Das gesunde Bein (links) steht zum Becken in Abduktion, aber im Raume gerade so wie in a und b. (Treves-Keith.)

d) Die Hüfte des Spielbeines.

Wir betrachten jetzt die Bewegung des Beines als Punctum mobile gegen den übrigen Körper als Punctum fixum. In diesem Zustand befindet sich das Spielbein. Beim Gehen lassen wir das Standbein so lange auf dem Boden stehen, bis das Spielbein den Boden erreicht hat und seinerseits durch die Vorwärtsbewegung des Körpers zum Standbein geworden ist. Das bisherige Standbein kommt schräg nach hinten zu stehen, ehe der Fuß vom Boden abgewickelt und das Bein zum Spielbein wird (Abb. 290). Es hängt von der Länge des Ligamentum iliofemorale ab, ob das Bein ohne stärkere Inanspruchnahme der Beckenvorneigung hinter dem fortschreitenden Körper zurückbleiben kann. Eventuell ist ein kurzes Band der Grund für die Gewöhnung an kleine schnelle Schritte. Der federnde, leichte Gang dagegen rührt zum Teil daher, daß das Bein bei der gewöhnlichen Beckenstellung eine Spur Spielraum nach hinten im Hüftgelenk hat. **Länge des Lig. iliofem. und Schrittlänge**

Lange Schritte werden begünstigt durch den Glutaeus maximus, welcher den Oberschenkel im Hüftgelenk nach hinten zu bringen und zugleich die Drehung des Beckens gegen die Wirbelsäule zu unterstützen vermag (Abb. 246b, punktierter Teil der Linie). Alle tiefen Rückenmuskeln, welche den Lendensattel erzeugen, haben die gleiche Wirkung. Der „langsame Schritt" bei der militärischen Ausbildung illustriert diese Art von Zusammenarbeit zwischen Hüfte und Wirbelsäule; er sucht das Bein möglichst nach hinten zu bringen, ehe es zum Spielbein wird. Der Glutaeus maximus ist dabei stark kontrahiert und voll durch die Haut sichtbar, besonders auch sein unterer schräger Rand. Die Vorwölbung des Gesäßes hat Nierenform (dem Hilus der Niere entspricht die ausgeprägte Trochantergrube). Beim gewöhnlichen Gehen kommen wir ohne den Glutaeus maximus aus.

Das Spielbein kann bei hochgehobenem Becken der gleichen Körperseite wie ein losgelassenes Pendel nach vorn durchschwingen, sobald die Vorwärtsbewegung des Körpers das Verbleiben des Fußes auf dem Boden unmöglich **Muskeleinfluß auf den Schritt**

macht. Die Schwere des Pendels ist aber nicht der einzige Antrieb für die Fortbewegung, wie man früher glaubte, sondern wir benutzen meistens noch Muskeln zur aktiven Beschleunigung oder zum Bremsen des Spielbeines. Sonst müßte die Schrittlänge genau entsprechend der Beinlänge von Mensch zu Mensch wechseln. Es machen wohl kleine Menschen im allgemeinen kürzere und große Menschen längere Schritte. Zahlreiche individuelle und zeitliche Variationen zeugen aber dafür, daß die reine Pendelbewegung je nach Anlage, Temperament, Gewöhnung und augenblicklicher Stimmung durch die Muskeln beeinflußt wird.

Bei Menschen, welche wegen Lähmung oder Schmerzhaftigkeit die Hüftmuskeln einseitig beim Gehen ausschalten, schwingt das kranke Bein anders als das gesunde; es wird gewöhnlich nachgeschleift, und der Patient hinkt infolgedessen. Auch steht die Fußspitze etwas nach innen gedreht.

Stehen mit nach außen oder innen gewendeten Fußspitzen

Kinder und unkultivierte Menschen stehen ebenfalls mit Vorliebe mit nach innen gekehrten Fußspitzen. Diese Stellung nimmt die Hüfte ein, wenn die Spannung der Kapsel und die Schwere des Beines, also rein passive Faktoren, zusammenwirken. Die Muskeln, welche aktiv eingreifen, um den Schritt zu beschleunigen oder zu hemmen, haben eine nach außen rotierende Komponente: Iliopsoas, kurze Rollmuskeln, Adduktoren. Ihnen stehen nur wenige Hüftmuskeln entgegen, die nach innen rotieren (Glutaeus medius und minimus); sie sind nur am Standbein zur Hebung der Hüfte des Spielbeines tätig. Beim Spielbein kommt allemal beim Pendeln ein außenrotatorisches Moment durch jene Muskeln hinzu. Die Divergenz der Fußspitzen ist eine Sicherung für den Körper im aufrechten Stehen; denn die von den Fußsohlen gedeckte Fläche ist in dieser Stellung größer als bei parallel stehenden Füßen. Die Gewöhnung, nicht nur passiv durch Pendelbewegung, sondern auch aktiv durch Benutzung der Muskeln vorwärtszuschreiten, ist nur scheinbar ein überflüssiger Verbrauch an Muskelkraft. In Wirklichkeit sichern wir dadurch instinktiv unser Gehen und Stehen. Die enorme Anhäufung von Muskeln mit einer außenrotatorischen Komponente an der Hüfte ist im Zusammenhang damit zu verstehen.

Beim Stehen auf zwei Füßen überwiegt, wenn alle Hüftmuskeln zusammen tonisch erregt sind, das außenrotatorische Moment so sehr das innenrotatorische, daß es leicht ist, die für das Stehen günstige Außendrehung der Fußspitzen einzuhalten. Immer ist aber darin ein Übungsmoment enthalten, welches den passiven Faktoren entgegenwirkt. Ist das Gelenk ausgeschaltet wie bei Schenkelhalsfraktur, so ist die Muskulatur allein auf den Schaft wirksam: er wird in Außenrotation gefunden. Der militärische Drill, welcher zur Außenrotation des Beines erzieht, hat das Richtige herausgegriffen, um durch Stählung der Muskeln unmittelbaren Einfluß auf den Körper als Maschine und mittelbaren auf die Willensbildung des Menschen zu gewinnen.

Erweiterung des Verkehrsraumes des einzelnen Hüftgelenkes

Sobald der Spielraum des Spielbeines in seinem Hüftgelenk erschöpft ist, können wir ihn durch Veränderung der Beckenstellung im Hüftgelenk des Standbeines oder durch Bewegung der Wirbelsäule erweitern oder ersetzen. Die Ausschläge des Spielbeines bei den verschiedensten Gangarten, Laufen, Springen u. a. m. werden durch die Zusammenarbeit beider Hüften und der Wirbelsäule hervorgebracht. Auch bei versteiftem Hüftgelenk kann man gehen, indem das Becken im ganzen vorgeschoben wird.

Die hauptsächlichsten Hüftbewegungen

Das Zusammenspiel von aktiven und passiven Faktoren ist bei den Hüftbewegungen weniger genau bekannt als bei der Schulter. Beim Lebenden überzeugt man sich, daß bei Anteversion und Elevation des Beines vorn besonders der Tensor fasciae latae und Sartorius vorspringen. Die Haut sinkt zwischen beiden ein: Schenkelgrübchen (S. 558). Der Iliopsoas und Pektineus arbeiten dabei in der Tiefe versteckt. Der Rectus femoris ist nur wenig gespannt und ungleich geringer wirksam als der Iliopsoas, der wichtigste Muskel für die Vorhebung, besonders beim Gehen. Hinten ist der Glutaeus maximus schlaff und abgeflacht. Der Glutaeus medius, der ebenfalls schlaff ist, wird durch den aponeurotischen Zug des Tractus iliotibialis, der gespannt wird und sich in die weiche Muskelunterlage eindrängt, in zwei Teile zerlegt, von welchen der vordere den Muskelwulst des Tensor fasciae umgreift. — Bei der Abduktion des Oberschenkels springt der Glutaeus medius als Muskelwulst vor, besonders weil seine Unterlage, der Glut. minimus, ebenfalls kontrahiert ist und ihn vordrängt. Beide verhalten sich ähnlich wie der Bizeps und Brachialis am Oberarm beim Beugen im Ellenbogen. Bei der Adduktion ist die Kontraktion der Adduktoren äußerlich sicht- und fühlbar (Abb. 253). Die kurzen Roller in der Tiefe, die ebenfalls adduzieren, liegen zu ver-



steckt. Die beiden kurzen Glutaei ändern ihre Wirkung und adduzieren anstatt zu abduzieren, sobald das Bein nach vorn gehoben wird. Bei horizontal gehobenem Bein z. B. im Sitzen mit übereinandergeschlagenen Beinen ist der Umfang der Ab- und Adduktion größer als in Normalstellung, wie aus den Verkehrsraumgrenzen des Hüftgelenkes ersichtlich ist (Abb. 270). Kommt eine Rotation des Beckens im anderen Hüftgelenk hinzu, so läßt sich der Ausschlag beliebig steigern. — Bei der Rotation steht die Drehachse senkrecht (Abb. 268). Um die schräg stehende Schaftachse des Femur kann das Bein nur gedreht werden, wenn es Standbein ist. Das Becken und der Rumpf werden dann um die Schaftachse des Standbeines herumgeführt. Das betreffende Hüftgelenk ist ganz unbeteiligt. Führt man den Oberschenkel des Spielbeines längs der Grenzlinie des Verkehrsraumes im Hüftgelenk herum (Abb. 270), so macht das gestreckte Bein mit der Fußspitze einen Bogen, Beinkreisen. Kreisen, Circumductio, und Kreiseln, Rotatio, sind zwei ganz verschiedene Bewegungen des Beines. Der Spielraum der Rotation in Normalstellung ist nur wenig mehr als $^1/_4$ einer Gesamtumdrehung; das Maximum (bei wagerechtem Oberschenkel, S. 533) steigt auf fast das Doppelte davon. Rotieren wir das freihängende Bein stärker, so ist eine Gesamtdrehung des Beckens (und Oberkörpers) beteiligt. Beim Stehen auf zwei Beinen können die Rotationsmöglichkeiten des Beckens in den Hüftgelenken nur so ausgenutzt werden, daß sich beide bewegen; das Becken wird im einen Hüftgelenk um so viel nach vorn gedreht, wie es sich im anderen nach hinten dreht. Das Becken im ganzen dreht sich um die Längsachse des Körpers und kann gleichsinnig oder entgegengesetzt zu Torsionen der Wirbelsäule arbeiten (S. 138).

II. Die freie, untere Gliedmaße (Bein und Fuß).

1. Die Knochen des Oberschenkels (Femur, Patella).

Die primitive Paddel beim menschlichen Embryo (Abb. 242) erhält mit fortschreitender Entwicklung einen deutlichen Stiel und gliedert sich so in Bein und Fuß. Der Stiel geht Knickungen und Drehungen ein, welche für die untere Extremität charakteristisch sind und sie in typischer Weise von der oberen Extremität unterscheiden. Wegen dieses Unterschiedes und seiner Bedeutung für das Gehen der Vierfüßler und des Menschen verweise ich auf ein früheres Kapitel (S. 296). Auch auf die Vergleichbarkeit der einzelnen Abschnitte der beiden Extremitäten sei hier nur hingedeutet (Abb. 158b). Da bei der unteren Gliedmaße keine Pro- und Supination der beiden Unterschenkelknochen möglich ist wie zwischen Speiche und Elle, ergibt sich eine viel größere Einfachheit der Beziehungen. Wir können zwei große Gruppen unterscheiden: die erste enthält die aktiven und passiven Komponenten des Oberschenkels, die zweite diejenigen des Unterschenkels und Fußes. Das Kniegelenk, welches wesentlich von den Muskeln des Oberschenkels regiert wird, soll deshalb bei der 1. Gruppe beschrieben werden. Die Fußwurzelgelenke werden hauptsächlich von den Unterschenkelmuskeln bewegt und sind deshalb der 2. Gruppe angeschlossen. Außer Bewegungen des Fußes, die lediglich den langen Unterschenkelmuskeln obliegen, gibt es auch solche im Fuß. Die dazu dienlichen kurzen Fußmuskeln, welche die langen Unterschenkelmuskeln unterstützen, ferner die Zehen und ihre Gelenke gehören in die 2. Gruppe an die letzte Stelle. Allgemeines

Man beachte, daß diese Einteilung den einzelnen Abschnitten übergeordnet ist, die wir an der freien Gliedmaße unterscheiden (Abschnitt 1—4 entspricht der 1. Gruppe; Abschnitt 5—11 entspricht der 2. Gruppe). Bei der oberen freien Gliedmaße ist die Einteilung grundsätzlich anders, weil dort das Ellenbogen- und Handgelenk nicht zwei verschiedenen Gruppen zugewiesen werden können (S. 376) wie das Knie und die Fußwurzelgelenke.

Das Femur, der einzige Röhrenknochen des Oberschenkels und längste Knochen unseres Körpers, ist zwischen 34 und $53^1/_2$ cm lang. Diese Maße kommen zwar auch beim Humerus vor, doch ist bei dem gleichen Individuum der Humerus kleiner als das Femur (Abb. 2). Diese Beziehung ist Femur, Abb. 246, 276, 277. Allgemeines



so regelmäßig, daß die Proportionen beider Gliedmaßen in der Entwicklung einheitlich determiniert sein müssen, ohne daß wir darüber zur Zeit Näheres angeben könnten. Die individuelle Länge unseres Körpers ist ganz vorwiegend durch die Länge der Femora bedingt.

Der Schaft des Knochens ist leicht gebogen; die Konvexität ist nach vorn gewendet (Abb. 276). Der Bogen wird an der konkaven Hinterseite verstärkt und gestützt durch eine längs verlaufende Leiste, Linea aspera, die seiner Wand wie ein Pfeiler aufliegt. Der lange Knochen ist durch seine Krümmung und durch den Einbau jenes Pilasters tragfähiger als ein gerades Femur; seine Form ist charakteristisch für die aufrechte Körperhaltung. Bis zum 2. Lebensjahr ist die Diaphyse gestreckt; sie bleibt es bei frühzeitigen Lähmungen der Muskeln des betreffenden Beines (spinale Kinderlähmung), ist dagegen bei krankhaft nachgiebigen Knochen durch einen massigeren Pilaster gestützt (Rachitis). Vorhandensein der Linea aspera ist bei den Vorstufen des rezenten Menschen, z. B. bei der Neandertalrasse, geradezu ein Beweis für den aufrechten Gang. Die Knochenleiste dient neben der Statik des Körpers ihrer ganzen Länge nach den Muskeln als Muskelapophyse (Abb. 246 b). Es gibt keine Gruppe der Muskeln am Oberschenkel, welche sie nicht als Knochenhebel benutzte, am meisten die Adduktoren (Hüftmuskeln).

Abb. 276. Femur, mediale Seite, und Patella. In natürlicher Stellung zueinander bei aufrechter Körperhaltung. Der M. quadriceps ist kontrahiert gedacht. Die Linea intertrochanterica biegt etwas vor dem Trochanter minor ab und mündet in das Labium mediale der Linea aspera (der alte Name „Linea obliqua“ ist weniger mißverständlich).

Eine Gerade, welche man an die Hinterseite der beiden distalen Kondylen des Femur legt (Kondylentangente), bildet beim rezenten Europäer mit der Achse des Schenkelhalses durchschnittlich einen Winkel von 8—10°, sog. Torsionswinkel des Femur. Darauf, mehr aber noch auf der Drehung der Fußspitzen nach auswärts, beruht es, daß der Vorderrand des Kopfes in Normalstellung über den Pfannenrand etwas hinausragt (Abb. 96). Mannigfache und gegensätzliche Schwankungen jenes Winkels lehren, daß der Schenkelkopf und die Kondylen je nach der wechselnden Richtung der Beckenwand und der Beinstellung verschieden belastet sind und sich verschieden einstellen; die aufrechte Körperhaltung hat darauf stärkeren Einfluß als bei Vierfüßlern oder bei vorübergehend aufrecht gehenden Menschenaffen, weil bei ihr die Femurköpfe allein das Körpergewicht tragen müssen. Eine ursprüngliche Übereinstimmung der Kondylentangente mit der Achse des Schenkelhalses ist nicht anzunehmen; der Winkel o kommt wohl als Einzelbefund (Varietät) beim Menschen vor. Die sog. „Torsion“ ist also beim Femur ein rein fiktiver Vorgang; es wäre besser, den Namen ganz zu vermeiden. Beim Humerus ist dagegen eine ganz bestimmt gerichtete Entwicklungsreihe der Winkelwerte nachgewiesen (Abb. 155). Die Ursache (Abplattung des Brustkorbes und Drehung des Schulter-

blattes aus der Sagittal- in die Frontalebene) hat beim Becken keine Parallele; die reelle Torsion des Humerus erhält durch den Mangel wirklich entsprechender Erscheinungen am Femur erhöhte Bedeutung und Beweiskraft.

Proximales Ende

Das proximale Ende des Femur zerfällt in: Kopf, Caput, und Hals, Collum. Beide stehen im Dienst des Hüftgelenkes und sind dort beschrieben (S. 524 u. f.). Der Hals gehört entwicklungsgeschichtlich zur Diaphyse; nur der Kopf entspricht der proximalen Epiphyse. Die Grenze ist auch beim ausgebildeten Knochen noch an der Epiphysenfuge und an deren Resten zu erkennen (Abb. 260). Schaft des Femur und Diaphyse sind also nicht identisch. Besondere Wichtigkeit hat der Winkel zwischen Hals und Schaft „Kollodiaphysenwinkel" (diese anthropologische Bezeichnung ist nicht exakt, da das Kollum zur Diaphyse gehört). Er ist bei Föten und Neugeborenen fast gestreckt (140°), wird im postfötalen Leben durch Belastung und Muskelwirkung kleiner und zeigt zahlreiche individuelle, auch geschlechtliche Unterschiede (S. 479). Je mehr der Hals zum Schaft abgeknickt ist, um so stärker lastet das Gewicht des Oberkörpers auf dieser Stelle. Die kompakte Rindensubstanz des Halses ist im Halsschaftwinkel besonders dick (Tragleiste, Abb. 260; über die feinere Architektur siehe S. 54). Brüche kommen an dieser Stelle nur dann vor, wenn der Knochen nicht mehr voll entwickelt ist, z. B. im Alter. Dann gehört der Bruch an dieser Stelle (sog. extrakapsuläre Fraktur) zu den häufigsten Brüchen. Bei ungewöhnlich weichen Knochen im kindlichen Alter verringert sich der Halsschaftwinkel unter der Körperlast in extremer Weise; der Knochen klappt gleichsam wie ein Taschenmesser zusammen (Coxa vara bei Rachitis usw.). Blutzufuhr S. 524.

Schaft

Der Schaft des Femur oder Mittelstück, Corpus, ist oben beschrieben. Das Relief der Linea aspera im einzelnen ist durch die Muskelbeziehungen verstärkt und gegliedert. Man unterscheidet die besonders ausgebildeten Ränder als Lefzen, Labium laterale und L. mediale (Abb. 277). Beide divergieren nach oben. Das L. mediale geht um die Innenseite des Knochens herum nach vorn in die Linea intertrochanterica zwischen Hals und Schaft des Femur über (Abb. 276), das L. laterale verläuft gegen den Trochanter major zu und erhebt sich zur Tuberositas glutaea für den M. glutaeus maximus (S. 501, gelegentlich Trochanter tertius). In dem dreieckigen Zwischenraum zwischen beiden liegt der Trochanter minor und anschließend an ihn die Linea pectinea für den Ansatz des gleichnamigen Muskels (Abb. 246 b). Auch gegen das untere Ende des Femur divergieren die beiden Labien und fassen ein dreieckiges Feld zwischen sich, Planum popliteum (Abb. 281). Über die Bezeichnung der einzelnen Flächen des Schaftes siehe Abb. 277.

Trotz der Pilasterwirkung der Linea aspera kann der Schaft durch den Zug der zahlreichen an ihm angreifenden Muskeln brechen. Neben diesen Seltenheiten ist die gewöhnliche Ursache von Schaftbrüchen eine äußere Gewalt (Herabstürzen, Überfahrenwerden usw.). Es tritt dann hervor, in welchen Richtungen die Muskeln den Schaft spannen. Denn die Fragmente verschieben sich dem Muskelzug entsprechend, das obere nach vorn und außen (durch Zug des M. iliopsoas, glutaeus medius und minimus). Die Möglichkeit einer schlechten Heilung ist nirgends größer als beim Femurschaft, falls nicht richtige ärztliche Maßnahmen getroffen werden (Streckverband).

Von den beiden Foramina nutricia (seltener nur eines) liegt das untere nahe der Mitte des Schaftes, das andere etwas oberhalb der Mitte (innerhalb oder nahe bei der Linea aspera). Die Kanäle, welche von hier in das Innere des Knochens führen, sind von außen nach innen proximalwärts gerichtet, also umgekehrt wie beim Humerus; sie sind gleichgerichtet den Kanälen der Unterarmknochen. Das Femur wächst danach stärker distalwärts als proximalwärts (umgekehrt wie im Schema Abb. 160). Die Richtung der Kanäle bei der oberen und unteren Extremität kann man sich daran merken, daß man bei gebeugtem Arm in die Kanäle von Humerus, Radius und Ulna hineinsehen, bei gebeugtem Knie nicht in die Kanäle von Femur, Tibia und Fibula hineinsehen würde, falls sie am eigenen Körper sichtbar wären.

Distales Ende

Das distale Ende des Femur verbreitert sich trompetenartig und zerfällt durch einen Einschnitt, Fossa intercondyloidea, in zwei Kondylen, oder Femurknorren, C. medialis und lateralis (Abb. 283). Nur die letzteren sind überknorpelt. Nach vorn setzt sich der Knorpelüberzug auf die Facies patellaris fort, die Gleitfläche für die Kniescheibe. Der Condylus medialis ist gerade um so viel größer als der Condylus lateralis, daß die schiefe Richtung des Femurschaftes ausgeglichen wird (Abb. 268). Wären beide Kondylen gleich groß, so würde das Gelenkende des Knochens schief stehen; so aber steht es in einer horizontalen Ebene. Der Winkel zwischen dieser Ebene und der Längsachse des Schaftes, Condylodiaphysenwinkel, beträgt 8—10°. Auf den Kondylen sitzen besondere Muskel- und Bandapophysen, die Epikondylen, je einer auf jeder Seite, E. medi-

alis (Abb. 276) und E. lateralis. Das Planum popliteum des Schaftes ist gegen den Einschnitt zwischen den Kondylen durch eine scharfe Querlinie abgesetzt: Linea intercondyloidea. Am unteren Femurende ist die Kortikalis von zahlreichen kleinen Gefäßlöchern durchbohrt. Dicht oberhalb der Kondylen sind kleine metaphysäre Arterien der Lieblingssitz für die Ansiedelung von Eiterbakterien (Osteomyelitis usw., siehe S. 307).

Ossifikation

Die Ossifikation des Femur beginnt in der Diaphyse am Ende des 2. Fötalmonats (7.—8. Woche). Der Knochenkern in der distalen Epiphyse hat forensische Bedeutung als Zeichen der Reife des Kindes. Er entsteht um die Mitte des 9. Fötalmonats und ist zur Zeit der Geburt etwa 5 mm groß. Der Knochenkern in der proximalen Epiphyse (Abb. 259) erscheint erst um die Mitte des 1. Lebensjahres, im 3. oder 4. Jahr folgt ein besonderer für den Trochanter major und erst im 10. bis 14. Lebensjahr ein solcher für den Trochanter minor. Am proximalen Ende verschmelzen die Knochenkerne um das 17. Lebensjahr mit dem Schaft, am distalen Ende um das 20.—24. Jahr. Zur distalen Epiphyse gehören beide Kondylen und Epikondylen.

Kniescheibe, Patella, Abb. 246a, 276, 279, 280, 283

Die Kniescheibe, Patella, ist in die Sehne des großen Kniestreckers (M. quadriceps) eingeschaltet und wirkt als gewaltiges Sesambein. Sie liegt unmittelbar unter der Haut (Abb. 279), ebenso die Sehne, welche durch den eingelagerten Knochen von der Unterlage abgehebelt wird (Abb. 280). Letztere heißt von der Patella bis zur Tibia: Ligamentum patellae. Die Konturen der Kniescheibe und des Kniescheibenbandes verstreichen bei erschlaffter Muskulatur (Abb. 278), sind aber immer deutlicher nachweisbar als ähnliche Details anderer Gelenke. Bei gestrecktem Bein steht das Ligamentum patellae schräg von unten außen nach oben innen (Abb. 244). Die Kniescheibe ist mit ihrer stumpfen unteren Spitze, Apex patellae, zentral in das Band eingefügt und steht daher in einer ganz anderen Richtung als der Schaft des Femur, dessen schiefe Achse gerade entgegengesetzt (von oben außen nach unten innen) verläuft als das Kniescheibenband. Die überknorpelte Hinterseite, Facies articularis (Abb. 283), hat wegen der asymmetrischen Lage zum Femur eine größere Delle für den medialen und eine kleinere für den lateralen Condylus femoris. Der obere Rand des Knochens, Basis patellae, ist gerundet.

Bei passiv gestrecktem Bein entspricht der Apex der Kniespalte (Abb. 246a); bei aktivem Zug des Quadrizeps an der Basis der Kniescheibe steigt sie daumenbreit höher und liegt dann oberhalb der Facies patellaris auf dem Femurschaft selbst (Abb. 276). Wenn der Quadrizeps erschlafft und das Knie gebeugt wird, folgt die Kniescheibe der Bewegung des Schienbeines, da sie an dieses durch das Kniescheibenband gefesselt ist. Die überknorpelte Längsfirste auf der Hinterseite der Kniescheibe, welche die beiden Gruben für die Kondylen voneinander trennt, greift erst dann in die überknorpelte Rinne des Femur ein.

Die Kniescheibe entsteht knorplig (vielleicht aus Resten knorpliger postaxialer Strahlen, Abb. 158a, oder — wahrscheinlicher — durch nachträgliche Einschaltung der knorpligen Phase, S. 76). Die Ossifikation beginnt im 3.—4. Lebensjahr mit mehreren Zentren, die bald verschmelzen; sie ist im 15.—20. Lebensjahr vollendet. Die Kniescheibe kann in seltenen Fällen fehlen.

2. Die Schenkelmuskeln als aktive Bewegungsfaktoren.

a) Übersicht und Tabelle.

Die beiden Hauptgruppen (Extensoren, Flexoren)

Beim Oberschenkel ist die Dorsalseite nach vorn, die Ventralseite nach hinten gerichtet (Abb. 152b). Wir müssen deshalb die dorsale Muskelgruppe der Extremität, welche den dorsalen Hüftmuskeln auf der Außen- und Innenseite der Beckenschaufel entspricht, vorn vor dem Femur suchen; die ventrale Muskulatur, welche den ventralen Hüftmuskeln auf dem Scham- und Sitzbein entspricht, liegt hinter dem Femur. Die beiden Muskelgruppen sind die wichtigsten Muskeln für das Knie und heißen nach den Hauptbewegungen des Kniegelenkes: Extensoren (dorsale Muskeln) und Flexoren (ventrale Muskeln). Das Knie ist nach vorn durch Bandapparate passiv gesperrt, die Hüfte nach



Schenkelmuskeln.
(Insertionen an Tibia und Fibula.)
o = Ursprung (origo); i = Insertion (insertio).

A. Vordere Muskeln des Oberschenkels (Extensoren, dorsale Muskeln).

1. M. quadriceps femoris (S. 555).
   M. vastus medialis:
   o: mediale Lippe der Linea aspera femoris, unterhalb Linea intertrochanterica, Endsehnen des M. adductor longus und M. add. magnus.
   i: medialer Rand der Kniescheibe und des gemeinsamen Sehnenspiegels des Quadrizeps oberhalb der Patella.
   M. vastus intermedius:
   o: vordere und laterale Femurfläche, proximalwärts bis zur Mitte der Linea intertrochanterica, distalwärts bis zum unteren Viertel der Femurfläche.
   i: mit Endsehne des Vastus medialis gemeinsam zur Basis patellae (mit M. articularis genus zur Kniegelenkkapsel).
   M. vastus lateralis:
   o: laterale Fläche des Trochanter major, Linea intertrochanterica, Tuberositas glutaea, Labium laterale der Linea aspera.
   i: lateraler Rand und oberer äußerer Winkel der Kniescheibe.
   M. rectus femoris:
   o: Spina iliaca anterior inferior, oberer Rand der Pfanne des Hüftgelenkes.
   i: über die Vorderfläche und zu beiden Seiten der Kniescheibe in das Ligamentum patellae bis zur Tuberositas tibiae.
2. M. sartorius (S. 559).
   o: Spina iliaca anterior superior und angrenzende Partie der Incisura iliaca.
   i: Tuberositas tibiae, Crista anterior tibiae, Fascia cruris.

B. Hintere Muskeln des Oberschenkels (Flexoren, ventrale Muskeln).

3. M. popliteus (S. 560).
   o: Quergrube distal vom Epicondylus lateralis femoris, Kapsel des Kniegelenkes (Lig. arcuatum).
   i: Tibia, distal vom Condylus medialis, Linea poplitea tibiae.
4. M. biceps femoris (S. 561).
   o: Caput breve: mittleres Drittel der äußeren Lippe der Linea aspera, Septum intermusculare.
   Caput longum: hintere Fläche des Tuber ischiadicum, gemeinsam mit dem Semitendinosus.
   i: Capitulum fibulae, Condylus lateralis tibiae, Fascia cruris.
5. M. semimembranosus (S. 563).
   o: Tuber ischiadicum, lateral und proximal vom Semitendinosus, zwischen Bizeps und Quadratus femoris.
   i: Condylus medialis tibiae (bedeckt vom Lig. collaterale mediale), Hinterwand der Kniegelenkkapsel als Ligam. popliteum obliquum, Faszie des M. popliteus.
6. M. semitendinosus (S. 565).
   o: Medialfläche des Tuber ischiadicum, gemeinsam mit dem langen Kopfe des M. biceps femoris.
   i: mediale Fläche der Tibia bis zur Krista, Fascia cruris.

hinten. Wir können also nur im Zickzack einknicken: in der Hüfte nach vorn, im Knie nach hinten. Geradeso wie an der Hüfte die Hauptmuskelmassen so angehäuft sind, daß sie das Einknicken nach vorn aktiv verhindern können (Gesäßmuskeln), so formen für das Knie die Extensoren die Hauptmuskelmasse; sie vermögen aktiv das Einknicken nach hinten zu hemmen. Beide Muskelmassen ermöglichen jederzeit das untere Glied zu versteifen und als feste Säule für die Äquilibrierung des Körpers zu gebrauchen (Standbein). Erschlaffen sie, so kann das Bein in eine andere Lage gebracht werden (Spielbein) und dann von neuem durch Muskelkontraktion zur festen Säule erstarren. Die Extensorenmasse des Oberschenkels umgreift mantelförmig das Femur (Abb. 277, rot); sie hat weitaus den größten Querschnitt von den Gruppen des Oberschenkels, ja des Körpers überhaupt (180 qcm bei einem mittelkräftigen Individuum). Schon bei den Vierfüßlern ist die Streckmuskulatur

des Knies stärker als die Beugemuskulatur, z. B. bei der Katze $1^1/_2$ mal so schwer, ähnlich bei Halbaffen (Lemur). Sie schiebt den Körper vorwärts, trägt aber weniger an Körperlast als die Vorderbeine; beim Hund ist das Körpergewicht zu $^2/_3$ auf die Vorderbeine, zu $^1/_3$ auf die Hinterbeine verteilt. Dadurch kommt die Muskelkraft der Hinterbeine der Vorwärtsbewegung zugute. Bei der aufrechten Körperhaltung wird die „hintere" Extremität zur „unteren"; sie trägt die ganze Körperlast. Es summieren sich beide Beanspruchungen: beim Menschen ist das Gewicht der Kniestrecker mehr als doppelt so groß wie beim Orang (bei letzterem 11,6 % des Gesamtgewichts der Beinmuskulatur, beim Menschen 24,8 %). Die Flexorengruppe (blau) ist viel schmächtiger; der größte Querschnitt beträgt nur $^2/_7$ der Extensorengruppe (51 qcm bei einem mittelkräftigen Individuum). So bleibt am Oberschenkel Platz für die ventralen Hüftmuskeln, welche sich mit einer Gruppe — Adduktoren (grün) — weit auf den Oberschenkel hinab erstrecken, und

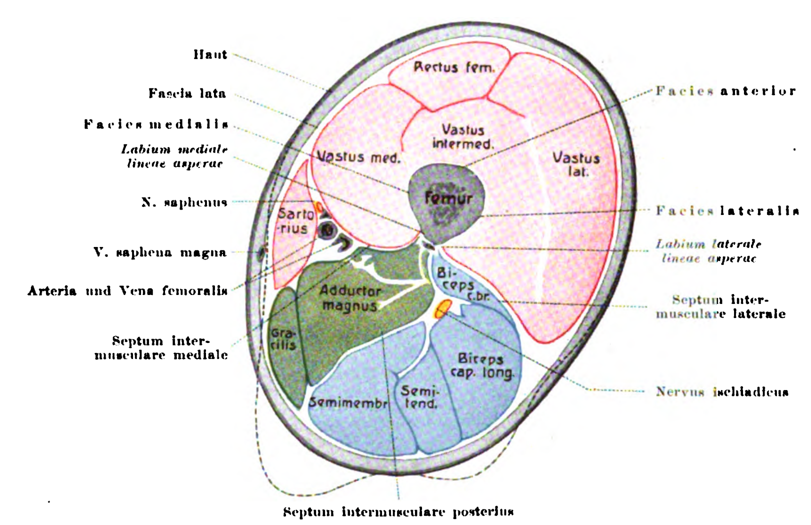


Abb. 277. Querschnitt durch die Mitte des rechten Oberschenkels bei gestrecktem Bein. Ansicht des abgetragenen Gliedes. Der Kontur des Oberschenkels bei gebeugtem Knie ist mit gestrichelter Linie eingetragen.

von denen einer sogar den Unterschenkel erreicht (M. gracilis). Es ist charakteristisch für den Oberschenkel, daß die drei Gruppen seines Querschnittes (Extensoren, Flexoren, Adduktoren) nebeneinander um das Femur herumliegen. Eine Schichtung in sich deckende Gruppen wie beim Unterarm und -schenkel gibt es nicht.

Wie beim Arm ist die Gruppierung der Schenkelmuskeln in Extensoren und Flexoren rein genetisch zu verstehen (S. 316). Wenn ein Muskelindividuum nachträglich seine Lage zum Gelenk verändert hat, so beugt es das Knie, anstatt es zu strecken (M. sartorius, S. 560). Es gehört trotzdem seiner Genese und Innervation nach zu den Extensoren und behält in unserer Gruppierung den Platz bei diesen, weil dadurch allein die Beziehungen zu den Nerven u. v. a. verständlich sind. Beim Bein sind solche Fälle seltener als bei dem vielseitiger beweglichen Arm.

Rotationen im Ober-, Unterschenkel und Fuß (Marken)

Außer Beugung und Streckung ist im Knie nur noch eine zweite Bewegungsart möglich, die Rotation, diese aber nur bei gebeugtem Knie. Ab- und Adduktion kennt das normale Knie nicht. Man kann bei fixiertem Oberschenkel den Unterschenkel um seine Längsachse kreiseln, wenn das Knie gebeugt ist. Eine Täuschung durch Rotationen im Fußgelenk ist aus-

zuschließen, wenn man auf die Fußknöchel achtet (Malleoli, Abb. 268). Da diese zu den Unterschenkelknochen gehören, so gehen sie bei Rotationen um die Achse des Unterschenkels mit, bleiben aber bei Bewegungen des Fußes im Fußgelenk unbewegt. Der große Rollhügel des Femur dient als Marke, um Hüft-, Knie- und Fußrotationen zu unterscheiden; beim Kreiseln des Femur geht er selbstverständlich mit. Da die Rotationen im Knie nur in Beugestellung möglich sind, so werden sie ausschließlich von solchen Muskeln ausgeführt, welche gleichzeitig beugen. Ist dabei der Unterschenkel fixiert, so macht der Oberschenkel und mit ihm der Rumpf um die Achse des Unterschenkels Ausschläge nach der Seite zu, wie sie in Abb. 189 für den Humerus resultieren. Die Apparate, welche das Kreiseln in Streckstellung verhindern, sind rein passiver Natur; sie werden beim Kniegelenk beschrieben werden. Es ist für die Sicherung der aufrechten Körperhaltung besonders wichtig, daß das Bein im gestreckten Zustand zu einer geraden, in sich starren Säule festgestellt und daß die Rotation im Knie in dieser Stellung ganz ausgeschaltet ist.

Die Rotationen des Unterschenkels sind ihrem inneren Mechanismus nach mit den Umwendbewegungen des Unterarms (Pro- und Supination) nicht zu vergleichen. Die Unterschenkelknochen können nicht überkreuzt werden wie Elle und Speiche, sondern sie bleiben parallel und drehen sich gemeinsam. — Wird der im Winkel gebeugte Unterschenkel ab- oder adduziert, so ist der Hebelausschlag lediglich durch eine Rotation des Femur im Hüftgelenk bedingt; auch der im Ellenbogen gebeugte Arm signalisiert Rotationen im Schultergelenk.

Unterscheidung der Hüft- und Schenkelmuskeln nach der Insertion

Die Muskeln am Oberschenkel inserieren zum Teil an den Unterschenkelknochen, zum Teil am Femur. Erstere können unmittelbar auf das Knie wirken; sie heißen Schenkelmuskeln zum Unterschied von den Hüftmuskeln, die wegen der Insertion am Femur nicht unmittelbar auf das Knie wirken (der Grazilis macht die früher beschriebene Ausnahme). Die Schenkelmuskeln sind aber nicht ausschließlich Muskeln für das Knie (deshalb wäre der Name „Kniemuskeln" nicht angebracht). Viele von ihnen haben ihren Ursprung am Becken und überspringen beide Gelenke, das Hüft- und Kniegelenk.

Beachten wir die Insertionen, so sind die Gruppen leicht zu trennen. Die Ursprünge der Muskeln sind dagegen so ineinandergeschoben, daß danach eine Orientierung schwer möglich ist (Überkreuzungen von Muskelindividuen S. 317). Auch unter den Muskeln des Unterschenkels sind mehrgelenkige, deren Ursprung am Femur befestigt ist, und welche nicht nur den Fuß, sondern auch das Knie bewegen. Da ihre Insertionen am Fuß und nicht am Unterschenkel sitzen, nennen wir sie lange Fußmuskeln (Tabelle S. 592). Sie werden bei den Bewegungen des Knies vorweg zu berücksichtigen sein.

Die scharfe Unterscheidung der genannten Gruppen hat den Vorteil, daß die Versorgung der Muskeln mit Nerven verständlich (Bd. III) und die Architektur des Bewegungsapparates im ganzen übersichtlich bleibt.

Die oberen Enden der beiden Unterschenkelknochen, Schienbein, Tibia und Wadenbein, Fibula, welche als Ansatzpunkte der Extensoren und Flexoren dienen, sind ihrer Allgemeinform nach aus den Abbildungen zu erkennen (Abb. 295). Zusammenfassend sind die beiden Knochen auf S. 584 usw. beschrieben.

b) Vordere Muskeln des Oberschenkels (Extensoren, dorsale Muskeln). Tabelle S. 553, Nr. 1—2.

M. quadriceps femoris (Tab. Nr. 1), Abb. 41, 96, 99, 244, 246, 248, 249, 252 bis 256, 258, 277—281

Musculus quadriceps femoris. Er hat seinen Namen nach vier Ursprungsköpfen, welche mit einer gemeinsamen Sehne, dem Ligamentum patellae, an der Tibia inserieren. Die in die Sehne eingeschaltete Kniescheibe erhöht das Moment des mächtigen Muskelkomplexes beträchtlich. Drei Köpfe sind eingelenkig; sie heißen Vasti. Der Vastus medialis und V. intermedius sind am stärksten miteinander in Zusammenhang (Abb. 254). Zusammen umhüllen die drei Vasti mantelförmig den Oberschenkelknochen (Abb. 277). Auf der Linea aspera bleibt nur der First des Pilasters für die Anheftungen der

Adduktoren und des kurzen Bizepskopfes frei (in Abb. 246b ist die Linea aspera unnatürlich breit gezeichnet, um die dicht gedrängten Insertions- und Ursprungsfelder der Muskeln hinreichend deutlich abzugrenzen). Der zylindrische Schaft des Femur liegt in einem von den Vasti ausgekleideten Muskeltunnel. Er ist deshalb nirgends oberflächlich zu erkennen. Der vierte Muskel, **Rectus femoris**, ist am selbständigsten. Er liegt zu oberst in einem von den Vasti gebildeten Bett (Abb. 254); er ist zweigelenkig.

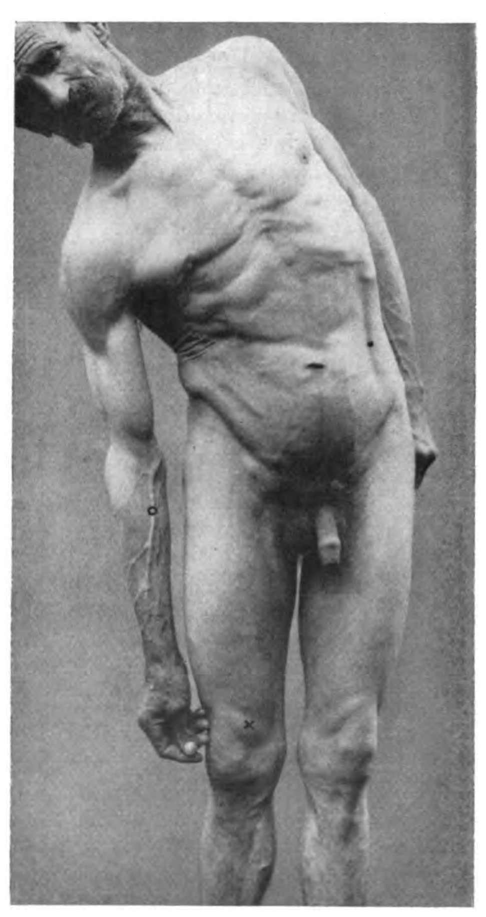


Abb. 278. **Rumpfneigung nach rechts.** Photographie eines muskelkräftigen, sehr mageren Mannes. Zur Erläuterung des Muskelreliefs vgl. Abb. 99. Muskeln schlaff. • laterale Rektusfurche. × Suprapatellarwulst. o Vena cephalica antebrachii und Vena mediana cubiti (mit Venenklappen).

Der Glutaeus maximus übertrifft jede einzelne der vier Muskelkomponenten des Quadrizeps an Gewicht, der Quadrizeps im ganzen ist aber ungefähr dreimal so schwer als der Glut. maximus. Er wiegt bis zu 2 kg. Die große Masse des Muskelfleisches ist verständlich, wenn man bedenkt, daß beim Aufrichten aus der Hock- oder Sitzstellung der Quadrizeps eines Beines unter Umständen allein das Gewicht des Körpers zu heben hat. Denn es gibt in dieser Stellung nur diesen einen Strecker des Knies (der M. tensor fasciae latae ist bei Anteversion des Oberschenkels in der Hüfte insuffizient).

Der M. **vastus medialis** bildet die Innenseite der Muskelmanschette, die das Femur umgibt. Er entspringt hinter dem Schaft des Knochens an dem Labium mediale, aber nicht von der medialen Seitenfläche des Schaftes selbst (Abb. 246 b). Von distal nach proximal läßt sich der Muskel meistens von seinem Nachbar, dem Vastus intermedius, sondern (Abb. 244). In umgekehrter Richtung ist es fast nie möglich, die richtige Grenze zu finden, da eine gemeinsame Aponeurose beide nahe ihrem gemeinsamen Ursprung von der Linea intertrochanterica verbindet (Abb. 254). Der Vastus medialis biegt schalenförmig um den Knochen und den Vastus intermedius herum (Abb. 244). Die oberen Muskelfasern laufen schräg spiralig, die unteren fast quer zur Längsachse des Oberschenkels. Die Insertionslinie an dem gemeinsamen Sehnenspiegel des Quadrizeps oberhalb der Patella und am Innenrand der Kniescheibe selbst ist sehr lang; sie verläuft in der Richtung der Innenseite des Femurschaftes. Denkt man sich das Ligamentum patellae geradlinig nach oben fortgesetzt, so liegt nur der untere Teil des Vastus medialis innen von ihm (medial), der übrige Vast. medialis und alle übrigen Komponenten des Quadrizeps liegen außen. Daher kommt es, daß das Muskelfleisch des Vastus medialis am weitesten nach unten herabreicht und durch queren Faserverlauf ausgezeichnet ist. Nur so ist sein Moment groß genug, um der ganzen

übrigen Muskelmasse das Gleichgewicht zu halten und die gradlinige Führung der Kniescheibe zu erzwingen.

Immerhin liegt hier der schwache Punkt: Luxationen der Kniescheibe nach außen sind ihre häufigsten Verrenkungen. Einen gewissen Halt dagegen bietet der äußere Knorren des Femur, der besonders stark vorspringt und den äußeren Rand der Gleitbahn für die Kniescheibe an der gefährlichen Stelle erhöht wie an der Kurve einer Rodelbahn (Abb. 283).

In der Tiefe der Kniekehle ist der Vastus medialis am oberen Rande des Trigonum popliteum sichtbar; er bildet den Boden des Hiatus adductorius inferior (Abb. 281). Auf der Vorder- und Innenseite des Oberschenkels liegt er als birnenförmige Vorwölbung frei vor (Abb. 99, 253, 256). Im übrigen ist er durch die Adduktoren und den Sartorius verdeckt. Ist er bei passiv gestrecktem Bein stark zusammengeschoben, so kann er wulstartig herunterhängen und die Fascia lata wie einen Bruchsack vordrängen: Suprapatellarwulst (Abb. 278). Die antiken Plastiker haben den Wulst zwar naturalistisch nachgebildet, ihn aber auch in Stellungen des Beines dargestellt, in welchen er anatomisch unmöglich ist (z. B. beim gebeugten Knie). Membrana vastoadductoria (vgl. S. 511).

Vastus intermedius und M. articularis genus

Der M. vastus intermedius ist gegen den Vastus lateralis schärfer abgesetzt als gegen den Vastus medialis. Er liegt vor dem Schaft des Femur, aber auch außen und innen von ihm (in Abb. 244 ist der Raum, welcher für ihn frei geblieben ist, sehr charakteristisch für die Form und Lage des Muskels). Der Ursprung reicht von der Linea intertrochanterica über die vordere und ventrolaterale Fläche des Knochens bis zur Grenze des unteren Viertels (Abb. 246a). Die ventromediale Fläche des Schaftes ist meistens frei von Muskelanheftungen. Der Muskel ist oberflächlich mehr als zur Hälfte aponeurotisch (Abb. 254). Der sehnige Überzug ist das Bett für den M. rectus femoris, welcher die ganze Oberfläche des V. intermedius zudeckt.

Da wo der Muskelursprung am Femur aufhört, entspringen zwei oder mehrere Muskelbündel, welche sich an die oberste Aussackung der Kniegelenkskapsel anheften (Bursa suprapatellaris, Abb. 244, 246a, 252). Häufig gehen auch Fasern des Intermedius selbst anstatt zur Kniescheibe zur Kapsel des Gelenks. Man nennt alle zusammen M. articularis genus. Der Muskel verhindert, daß bei Streckung des Knies Teile der Kapsel zwischen Patella und Femur eingeklemmt werden können.

Vastus lateralis, Sehnenfeld des Quadrizeps

Der M. vastus lateralis liegt ganz außen am Femur. Nur seine oberste Spitze biegt nach vorn um den großen Rollhügel herum und erreicht die Linea intertrochanterica (Abb. 246). Hinten entspringt der Muskel vom Labium laterale der Linea aspera und vom Septum intermusculare zwischen ihm und dem kurzen Kopf des Bizeps. Er umschalt den Knochen und den Vastus intermedius. Der größte Teil des Muskelfleisches liegt außen und hinten am Oberschenkel (Abb. 249, 281). Er ist weitaus der größte Kopf des Quadrizeps. Die Oberfläche ist größtenteils aponeurotisch; sie dient zahlreichen Muskelfasern zum Ursprung. Die Fasern verlaufen teils schräg abwärts und endigen früher an der gemeinsamen Endsehne der Vasti als die Fasern des Intermedius. Das Muskelfleisch steigt nicht am Seitenrand der Kniescheibe hinab wie beim Vastus medialis (Abb. 99).

Das viereckige, etwas schräg stehende Sehnenfeld oberhalb der Basis der Patella läuft in die Sehne des Rectus femoris und des Tractus iliotibialis wie die beiden Blätter einer Krebsschere aus (Abb. 99). Das Viereck ist an der Vertiefung der Haut über ihm äußerlich erkennbar (Abb. 279). Krankhafte Ergüsse in das Kniegelenk treiben die Sehne von der Tiefe aus vor; die Stelle ist dann nicht vertieft wie in der Norm, sondern einnivelliert oder gar vorgewölbt.

Die Vorwölbung des Vastus lateralis im äußeren Seitenkontur des Oberschenkels gibt ziemlich genau die Richtung des Femurschaftes an (Abb. 244, unten). Nach oben zu setzt der Muskelbauch des Tensor fasciae latae den Seitenkontur des Vastus lateralis gegen den Beckenkamm zu fort. Beide Muskeln treten in der Konturlinie des Oberschenkels deutlich hervor (Abb. 279).

Rectus femoris. oberes Schenkelgrübchen

Der M. rectus femoris entspringt vom Becken; er überspringt Hüft- und Kniegelenk. Sein Ursprung ist zweizipfelig (Abb. 258, 281). Der vordere Zipfel vom vorderen unteren Darmbeinstachel liegt unmittelbar oberhalb des Ursprunges des Ligamentum iliofemorale am Knochen (Abb. 246). Der andere Zipfel biegt nach hinten um den Kapselrand des Hüftgelenkes herum; er ist breit am knöchernen Rand der Pfanne und an der Kapsel selbst angeheftet. Beide zusammen verstärken das BERTINsche Band, das unter ihnen liegt und verhindern mit diesem die Rückhebung des Femur im Hüftgelenk oder bei feststehendem Bein das Nachhintenkippen des Beckens. Der Muskel ist nach oben und unten lanzettförmig zugespitzt; er ist der schönste doppeltgefiederte Muskel des Körpers (Abb. 41), liegt aber oberflächlich nur zum Teil frei, da ihn der Tensor fasciae latae und Sartorius überdecken. Da der Rektus zwischen Tensor und Sartorius zurückweicht, entsteht über ihm in der Haut das obere Schenkelgrübchen, dessen Spitze nach dem oberen Darmbeinstachel gerichtet ist (Abb. 99, linkes Bein). In diese Spitze läuft das dreieckige Feld aus, welches vom Quadrizeps im ganzen an der Vorderfläche des Oberschenkels sichtbar ist.

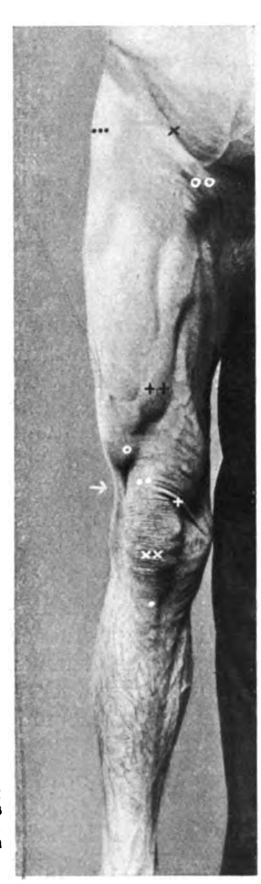


Abb. 279. Bein mit kontrahierten Muskeln. Derselbe Mann wie Abb. 278. . Lig. patellae. .. Sehnenfeld des Quadrizeps. ... Tensor fasciae latae. × Leistenband. ×× Patella. o Vastus lateralis. o o Geschwollene Leistendrüsen. + Hautfalte am Unterrand des Vast. med. (Stelle des Suprapatellarwulstes bei erschlafftem Muskel). + + Rectus femoris. → Tractus iliotibialis.

Die Ursprungssehne des Rektus breitet sich weit herab auf der Vorderseite des Muskels aus, die Insertionssehne weit aufwärts auf seiner Hinterseite. Letztere gleitet bei Bewegungen auf der Aponeurose des Vastus intermedius. Die Insertionssehne fließt mit denen der Vasti zusammen, doch ziehen die meisten Sehnenfasern des Rektus in Rinnen der Vorderfläche der Patella über den Knochen hinweg und zu beiden Seiten neben ihm ununterbrochen bis zur Tuberositas tibiae hinab (siehe Retinacula patellae S. 577).

Zwischen den Sehnenfasern des Rektus und der Kniescheibe liegt am oberen Rand des Knochens ein Schleimbeutel: Bursa praepatellaris subtendinea (S. 567).

Streckung des Beines im Stehen und Gehen

In Streckstellung des Beines ist das Moment des Quadrizeps durch die Kniescheibe erhöht, weil durch sie das Ligamentum patellae von vorn nach hinten auf das Schienbein zu gerichtet ist (Abb. 280). Dadurch wird die wichtige Leistung des Muskels für das Stehen und Gehen gefördert. Menschen mit Lähmung des Quadrizeps können, da kein Ersatz für den Kniestrecker existiert, nur so aufrecht stehen und gehen, daß sie das Knie durch die Belastung mit dem Körpergewicht extrem nach hinten durchdrücken. Sowie das Knie anders belastet wird, so daß es sich beugt, fallen sie hin. Die geringe streckende Wirkung des Tensor fasciae latae auf das Kniegelenk kommt praktisch nicht in Betracht.

Der „künstliche“ Quadrizeps der Orthopäden besteht aus einem Gummizug, welcher vor dem Ligamentum patellae angebracht ist und das untere Ende des Oberschenkels und das obere Ende des Unterschenkels so verbindet, daß nach jeder Beugung des Knies sofort die Streckstellung wiederhergestellt wird. Der Apparat ersetzt vollkommen den Kniestrecker. Der Quadrizeps ist also durch die Patella und das Ligamentum patellae geführt wie ein Eisenbahnzug durch sein Geleise.

Die drei Vasti können das Bein, mag es in der Hüfte stehen, wie es will, gleich stark strecken. Sie können aber nur gemeinsam gebraucht werden, da bei Kon-

traktion nur eines von ihnen, besonders des Vastus lateralis, Gefahr besteht, daß die Kniescheibe aus ihrer Gleitschiene luxiert wird. Alle Nebenkomponenten der Fasern, soweit sie schräg oder quer zum Kniescheibenband stehen, sind durch die Verteilung so gegeneinander ausgewogen und müssen durch gleichmäßige Innervation so im Gleichgewicht gehalten werden, daß ihr Antrieb der Richtung der Gleitbahn für die Kniescheibe entspricht.

Wirkung des Rect. fem. auf Knie und Hüfte

Der Rectus femoris streckt das Knie mit etwa $^1/_4$ mehr an Kraft, als er den Oberschenkel in der Hüfte nach vorn heben kann. Er wirkt am stärksten auf das Knie, wenn das Bein in der Hüfte gestreckt ist, und umgekehrt am stärksten auf die Hüfte, wenn das Knie gebeugt ist. In beiden Fällen ist er passiv gedehnt; er kann von dieser günstigen Ausgangsstellung aus aktiv die größte Hubhöhe entfalten. Im Gehen, Laufen und Springen erhöhen daher die Gesäßmuskeln, welche das Bein nach hinten bringen (kurz vor dem Abwickeln des Fußes vom Boden) und den Rectus femoris dehnen, automatisch die Streckkraft im Knie, die beim Vorbringen des Spielbeines in Tätigkeit tritt. Im Sitzen dagegen hat der Rectus femoris für das Strecken des Knies nur geringe Kraft, weil er insuffizient wird, wenn der Oberschenkel in der Hüfte vorgehoben ist.

Innervation: Nervus femoralis. Der Vastus medialis und V. intermedius werden von einem gemeinsamen Stämmchen, der V. lateralis und Rektus je von einem separaten Ästchen des Nervs versorgt. Der dünne Nervenast zum M. articularis kommt aus dem gemeinsamen Stämmchen für V. med. und intermed. und kann oft als Wegweiser dienen bei der Trennung dieser beiden Vasti. Segmentale Nerven: L 2—4. Blutzufuhr: A. circumflexa femoris lateralis und Rr. perforantes der A. profunda femoris. In den Vastus lateralis treten viele Äste aus den Rr. perforantes von der Beugeseite her ein.



Abb. 280. M. sartorius in seiner natürlichen Lage und Form, Innenseite des Oberschenkels (Muskeltorso).

M. sartorius (Tab. Nr. 2), Abb. 95, 99, 131, 246, 254, 277, 280, 281

Musculus sartorius. Kein Muskel verliert so sehr seine Form bei der Präparation an der Leiche als der Sartorius. Der dünne lange Muskel wird durch einen Faszienkanal, Vagina m. sartorii, in der Fascia lata so gehalten, daß er von seinem Ursprung am Darmbein zunächst im Bogen medialwärts zieht (Abb. 99). Die Krümmung liegt in einer frontalen Ebene. Von der Mitte des Oberschenkels ab beginnt der zweite Bogen des Faszienkanals, der den Muskel um den Condylus medialis femoris herum auf die Hinterseite des Oberschenkels und dann wieder nach vorn bis zum breiten aponeurotischen Ansatz am Schienbein führt (Abb. 280). Dieser zweite Bogen liegt in einer sagittalen Ebene. Beide Bogen des Muskels sind mit einem S vergleichbar, dessen Schenkel gegeneinander um 90° verdreht sind. Da der Muskel auf das nachgiebige Polster des Quadrizeps und der Adduktoren gebettet ist, so entsteht durch ihn eine Delle auf der Vorderseite und am Innenkontur des Oberschenkels (Abb. 256, 99).

Der Adduktorenwulst oberhalb dieser Delle und der Wulst des Vastus medialis unterhalb davon sind charakteristisch für die normale Linienführung an der Innenseite des Beines. An einer Stelle ist der Sartorius von der Hinterseite des Oberschenkels aus sichtbar (Abb. 131).

Die Breite des platten Muskelbauches schwankt individuell beträchtlich. Bei alten Leuten kann sie auf 2 cm sinken, bei kräftigen Männern bis 10 cm betragen, besonders wenn ein Längsspalt streckenweise den Muskel in zwei Streifen zerlegt.

Beugt Knie und Hüfte

Die Wirkung des Muskels auf das Knie ist bestimmt durch die Richtung des Insertionsteiles, der von hinten an die vordere Kante der Tibia herantritt (Abb. 280) und den Condylus medialis des Femur mitsamt dessen Muskelpolster (Vastus medialis) als Hypomochlion benutzt. Der Muskel beugt infolgedessen das Knie. Wie beim Ellenbogen Muskeln, die genetisch zu den Extensoren gehören, faktisch als Flexoren wirken (vor allem der Brachioradialis), so ist beim Knie der dorsale Sartorius trotz seiner Abkunft und der Lage seines oberen Abschnittes vorn am Oberschenkel ein wirklicher Kniebeuger. Das Moment ist nicht sehr groß, weil der Hebelarm an der Tibia kurz ist. Doch treffen noch zwei andere Muskeln an der gleichen Stelle mit ihm zusammen (Pes anserinus, siehe unten), so daß sich die Gesamtwirkung beträchtlich steigert. Bei gebeugtem Knie rotieren diese Muskeln den Unterschenkel einwärts. Fast doppelt soviel Arbeit wie für die Beugung des Knies vermag der Sartorius für die Vorhebung des Beines in der Hüfte zu leisten. Er unterstützt darin den Iliopsoas und den Rectus femoris. Je nach der Gruppierung, in der diese Muskeln und die drei Vasti wirken, kann das Bein bei jeder beliebigen Lage unseres Körpers in Streck- oder Beugestellung im Hüftgelenk vorgehoben werden.

Der Name „Schneidermuskel" bezeichnet die Wirkungsart des Sartorius sehr unvollkommen. Für das Sitzen mit übergeschlagenen Beinen kommen vielmehr die oberen Adduktoren in Betracht (S. 514). Der Sartorius begrenzt das Trigonum femorale (Scarpae) von außen (Abb. 257). Weiter unten deckt er die Membrana vastoadductoria und verstärkt so die Vorderwand des Adduktorenkanales (S. 511). Er ist der wichtigste Leitmuskel für operatives Eindringen auf die Gefäße des Oberschenkels.

Gänsefuß (Pes anserinus superficialis). Bursa anserina

Die Insertionssehne des Sartorius strahlt mit Zügen nach innen in die Kniegelenkskapsel und breit aponeurotisch nach unten in die Faszie des Unterschenkels aus, Fascia cruris. Das gleiche tun zwei Sehnen, welche sich unter die Sartoriussehne schichten: die Sehne des Grazilis und des Semitendinosus (Abb. 254). Die drei Sehnenblätter sind an ihrem oberen Rand am dicksten, weil hier hauptsächlich die Fortsetzungen der drei rundlichen Sehnen liegen. Diese Ränder werden mit den Zehen des Schwimmfußes eines Wasservogels verglichen; die Membranen, welche nach unten in der Fascia cruris zusammenhängen, sind den Schwimmhäuten vergleichbar, welche beim fächerförmig zusammengefalteten Schwimmfuß zwischen den Zehen herabhängen. Daher der Name „Gänsefuß", Pes anserinus (superficialis). Zwischen den Sehnen liegen Schleimbeutel, die oft zusammenhängen, Bursa anserina. Der Teil unter der Sartoriussehne ist am ehesten selbständig: Bursa m. sartorii propria.

Innervation: Der lange parallelfaserige Muskel bekommt nur einen motorischen Nervenast aus dem N. femoralis, der im obersten Fünftel in das Muskelfleisch eindringt. Durchbohrt wird er von sensiblen Ästen zur Haut des Oberschenkels und Knies (Rr. cutanei anteriores und teilweise R. infrapatellaris). Segmentale Nerven: L 2, L 3. Blutzufuhr: Muskeläste aus der Art. femoralis direkt und aus ihren Ästen (A. circumflexa fem. lat., A. genus suprema).

c) Hintere Muskeln des Oberschenkels (Flexoren, ventrale Muskeln). Tabelle S. 553, Nr. 3—6.

M. popliteus (Tab. Nr. 3), Abb. 246 b, 281, 295 b, 299, 302

Musculus popliteus. Der Muskel ist der einzige selbständige eingelenkige Muskel an der Hinterseite des Oberschenkels. Die mächtigen eingelenkigen Vasti an der Vorderseite haben in ihm und in dem kurzen Kopf des Biceps femoris nur ein schmächtiges Gegenstück. Dafür sind die mehrgelenkigen Beuger an der Hinterseite des Beines (Schenkel- und lange Fußmuskeln) um so zahlreicher. Sie arbeiten bei der Hauptbetätigung des Beines, beim Gehen, besonders sparsam.



Bei Nichtsäugern und niedersten Säugetieren (Monotremen) liegt der Muskel unterhalb des Kniegelenkes. Er verbindet Tibia und Fibula. Es gibt bei Reptilien (z. B. Iguana) weiter distal einen dem Pronator quadratus am Arm entsprechenden Muskel. Mit der Konsolidierung des Beines zu einem tragfähigeren Apparat ist die Fibula aus dem Verband mit dem Femur ausgeschieden und im Zusammenhang damit ist der Popliteus vom oberen Ende der Fibula auf das Femur verschoben worden. Kleine Knochenstückchen, welche sich neben dem Femur finden (beim Menschen meist eines über dem lateralen Condylus femoris — eingebettet in die Sehne des lateralen Kopfes des Gastroknemius), werden vielfach als mitgenommene Stücke des Fibulakopfes aufgefaßt (Favella). Die unmittelbare Beziehung des Muskels zum Kniegelenk ist sekundär. Die Innervation ist beim Menschen noch die gleiche mit der tiefen Muskelschicht auf der Hinterseite des Unterschenkels. Da diese Muskeln aber sämtlich lange Fußmuskeln sind, so wird zweckmäßiger der Popliteus trotz seiner genetischen Beziehungen von ihnen getrennt und zu den Schenkelmuskeln gestellt. Beim Arm ist diese Trennung nicht möglich, weil Radius und Ulna gegeneinander beweglich sind und weil sämtliche Unterarmmuskeln im Zusammenhang mit dem viel komplizierteren Mechanismus der Gelenke am proximalen und distalen Ende des Unterarmes behandelt werden mußten. Der Unterschied zum Arm soll durch die Anordnung des Stoffes hier auch äußerlich möglichst betont werden.

Lage und Beziehung zum Kniegelenk

Die Ursprungssehne des Muskels ist am Femur in eine quer gestellte, oft tiefe Grube zwischen dem Epicondylus lateralis und dem Knorpelüberzug des Condylus lateralis eingelassen (Abb. 246b). Nur ein kleiner Teil der Sehne liegt extrakapsulär, der übrige ist ein Bestandteil der Kniegelenkskapsel. Nach unten zu wird der Muskel breit und fleischig. Er ist in eine dreieckige Delle am oberen Tibiaende eingebettet und endet hier in breitem Ansatz am Knochen bis hinab zu einer schrägen Leiste, Linea poplitea tibiae (Abb. 295b). Er ist durch eine derbe Faszie bedeckt, in welche von oben her mit einem besonderen Zug die Sehne des M. semimembranosus ausstrahlt (Abb. 281, 299). Außerdem ist in die oberflächliche Faszie des Muskels weiter proximal ein besonderes Ligament, Lig. popliteum arcuatum, eingelassen, welches mit einem Bandzug, Retinaculum ligamenti arcuati, am Fibulaköpfchen fixiert ist (Abb. 255). Der Muskel ist zwischen diesen im ganzen y-förmigen Haftapparat und das Gelenk so eingeschoben, daß er gehindert ist, sich vom Gelenk abzuhebeln. Unter ihm liegt ein ursprünglicher, beim Fötus selbständiger Schleimbeutel, Bursa m. poplitei, der beim Erwachsenen mit dem Kniegelenk ganz verschmolzen und ein wirklicher Rezessus der Gelenkhöhle geworden ist.

Dieser Teil des Kniegelenkes wird durch die geschilderte Art der oberflächlichen Haftbänder vor Zerreißungen gesichert, die eintreten würden, wenn sich der Popliteus von seiner Unterlage abhebeln könnte. Auch hindert der Popliteus durch seinen Eintritt in die Kapsel, daß sie bei Beugung des Knies zwischen die Knochenenden eingeklemmt wird. Der Muskel befindet sich auf der Zwischenstufe eines Einwanderungsprozesses (etwa Abb. 168b entsprechend), der beim Biceps brachii zum völligen Eintritt der Sehne in das Gelenk geführt hat.

Beugt und streckt das Knie

Der Muskel sucht bei gestrecktem Bein Tibia und Femur gegeneinander zu beugen, kann aber unter gewissen Bedingungen bei gebeugtem Bein auch streckend wirken. Er rollt bei gebeugtem Knie den Unterschenkel einwärts.

Er liegt ganz versteckt in der Kniekehle und ist außer von dem Inhalt der Kniekehle (Blutgefäße und Nerven) von den begrenzenden Wadenmuskeln (Gastrocnemius, Plantaris) bedeckt.

Innervation: N. tibialis. Der Muskelast biegt um den Unterrand des Muskels herum auf seine Innenfläche und dringt von da aus in das Muskelfleisch ein. Die Äste sind gegenüber dem Stamm des Muskelnervs rückläufig. Das entspricht der phylogenetischen Verschiebung (siehe oben). Segmentale Nerven: L 4, L 5, S 1. Blutzufuhr: direkte Äste aus der A. poplitea und aus der A. genus medialis.

M. biceps femoris (Tab. Nr. 4), Abb. 103, 131, 246, 248, 255,

Musculus biceps femoris. Der kurze Kopf des zweiköpfigen Muskels ist eingelenkig. Er überspringt ebenso wie der Popliteus nur das Kniegelenk. Der lange Kopf ist zweigelenkig. Er überspringt wie die beiden anderen langen Flexoren das Knie- und Hüftgelenk.

258, 266, 277, 281, **295** Das Caput longum entspringt am Sitzbein. Der Ursprung des Caput breve am Femur entspricht dem Ansatz des Adductor longus. Zwischen beide Muskeln ist die Linea aspera wie eine knöcherne Inskriptio eingeschaltet (Abb. 255). So entsteht ein einheitlicher Muskelzug, welcher vom Köpfchen der Fibula bis zum Brustkorb zu verfolgen ist. Beim Vorheben des Beines, z. B. beim Bergsteigen, wird durch ihn das Becken, das Femur und der Unterschenkel im Zickzack gestellt und beim Stehen mit festgestelltem Knie (Quadrizeps!) der Oberkörper nach vorn fixiert (S. 516). Manchmal reicht der Ursprung weit am Femur hinab. Wie der kurze Kopf seine Fortsetzung durch den Adductor longus nach vorn findet, so ist der lange Kopf durch den Erector trunci dorsal von der Wirbelsäule fortgeleitet. In die dorsale Muskelkette sind der Sitzknorren und das Lig. sacrotuberosum eingeschaltet. Der Bizeps ist also mit seinen beiden Köpfen Ausgangspunkt zweier Muskelketten, die nach oben zu das Becken zwischen sich fassen und vorn und hinten vom Brustkorb ansetzen, um so be· fixiertem Unterschenkel das Gleichgewicht des Oberkörpers jederseits zu vermitteln. Im gewöhnlichen Stehen und Gehen ist dies die wichtigste Einrichtung derart. Der mächtige Glutaeus maximus z. B. ist schlaff, tritt aber sofort unterstützend ein, wenn komplizierte Terrainverhältnisse das Gleichgewicht besonders gefährden.

Das Ursprungsfeld am Sitzbein liegt zwischen Gemellus inferior und Semimembranosus weit oben am Sitzknorren (Abb. 266). Der Semitendinosus geht mit zahlreichen Muskelfasern von der dreikantigen Sehne des Bizeps aus (Abb. 258). Anfänglich ist letzterer vom Glutaeus maximus bedeckt, dann zieht er oberflächlich an der Hinter- und Außenseite des Oberschenkels abwärts (Abb. 255). Das Caput breve liegt am weitesten außen (Abb. 248). Das Caput longum ist in der unteren Hälfte oberflächlich aponeurotisch. Die gemeinsame Endsehne beider Köpfe ist dick, strangförmig und verdeckt (zusammen mit dem Tractus iliotibialis und Lig. collaterale fibulare) die Spalte des Kniegelenkes nach außen hin für Blick und Gefühl. Die Sehne springt bei gebeugtem Knie besonders vor und formt die äußere Wand der Kniekehle, Fossa poplitea (Abb. 249). Die Endsehne geht an das Köpfchen der Fibula und strahlt auch auf den oberen Rand der Tibia und in die Fascia cruris aus. Unter ihr liegt regelmäßig die selbständige Bursa inferior m. bicipitis.

Beugt im Knie, Auswärtsroller des Unterschenkels

Da der Bizeps mit seinem langen Kopf beide Gelenke überspringt, so beugt er nicht nur im Knie, sondern er retrovertiert in der Hüfte bis zum Anschlag des BERTINschen Bandes. Bei gebeugtem Knie rollt er den Unterschenkel nach außen. Durch den Ansatz an der Tibia und an der Fascia cruris umfaßt er im Bogen die Fibula. Indem er sich abwickelt, ist sein rein rotatorisches Moment beträchtlich. Er ist der einzige Außenroller am Oberschenkel von Belang und hält den zahlreichen Einwärtsrollern zusammen fast die Wage (Semitend., Semimembr., Popliteus, Sartorius, Grazilis). Jedem einzeln ist er an Kraft weit überlegen.

Geben die Innenrotatoren aus krankhafter Schwäche nach oder versagen die Bänder, welche zu starke Außenrotationen hemmen, so kann der Tonus des übermächtigen Bizeps das Bein allmählich in X-Beinstellung zwingen.

Innervation: Caput longum durch den ventralen N. tibialis (Segmentalnerven S 1—2), Caput breve durch den dorsalen N. peronaeus (Segmentalnerven L 4—5, S 1). Der „kurze" Kopf ist der Innervation nach ein dem langen urprünglich ganz fremder, sehr langer, schlanker Muskel („Tenuissimus"). Wahrscheinlich gelangte mit ihm zusammen der dorsale Nervus peronaeus am Oberschenkel auf die Beugeseite (geradeso wie am Oberarm streckenweise der N. radialis ventral neben den M. brachioradialis verschoben ist). Da der Peronaeus nur den einen Muskel am Oberschenkel versorgt, ist er mit dem ventralen N. tibialis zu einem einheitlichen Kabel, dem N. ischiadicus, vereinigt (Abb. 152 b). Am Oberarm kommt ähnliches bei Reptilien vor (z. B. N. crassus bei Iguana). Der Tenuissimus ist bei Vierfüßlern ganz selbständig und hat nach oben meist Beziehungen mit dem schmächtigen Glutaeus maximus. Als Varietät findet sich ein solcher Muskel auch beim Menschen. Indem sich die Beziehung zum Glutaeus maximus löste, ergab sich für die aufrechte Körperstellung die oben beschriebene Beherrschung des Körpergleichgewichts durch die beiden von den Bizepsköpfen ausgehenden Muskelzüge.

Genese des kurzen Kopfes (Tenuissimus)



Der Stamm des N. ischiadicus unterkreuzt den Bizeps spitzwinklig von außen oben nach unten innen (Abb. 277), liegt aber da, wo der Bizeps am Unterrand des Glutaeus maximus zum Vorschein kommt, noch lateral vom Muskel. Hier hat der Nerv einen wichtigen Druckpunkt (Ischias).

Blutzufuhr: A. circumflexa fem. medialis, Aa. perforantes, auch Muskeläste aus A. poplitea. Schleimbeutel: Außer der Bursa m. bicipitis inferior (s. o.) gibt es noch eine B. m. bic. superior am Ursprung des Muskels (S. 502).

M. semimembranosus (Tab. Nr. 5), Abb. 131, 246b, 255, 258, 266, 277, 281, 295b, 299, 302

Musculus semimembranosus. „Halbhäutiger" Muskel heißt er deshalb, weil das Muskelfleisch auf eine bestimmte Partie des Muskels — im 2. und 3. Viertel des Oberschenkels — beschränkt und der übrige Muskel aponeurotisch ist (Abb. 281). Die Ursprungssehne beginnt schmal und schmiegt sich mit der Innenfläche dem gemeinsamen Ursprung des Bizeps und Semitendinosus scheidenförmig an (Abb. 258). Sie verbreitert sich rasch nach unten zu und geht schräg in den breiten Muskelbauch über. In diesem ist eine Rinne für den Semitendinosus eingegraben.

Auch nach der Insertion zu ist der Muskel auf eine lange Strecke breit sehnig. Die schmale Sehne des Semitendinosus schleift auf der Mitte dieser Aponeurose (Abb. 302). Das Muskelfleisch des Semimembranosus ist auf einen rautenförmigen Klumpen eingeengt, der aus parallelen Muskelfasern aufgebaut ist (Abb. 281). Er ragt bis an den oberenRand der Kniekehle hinab und ist gelegentlich hier durch die Haut als quergestellter Wulst sichtbar.

Pes anserinus profundus, Bursa m. semimembr.

Die Endsehne läuft in drei getrennte Faszikel aus, die wie die Zehen eines Vogelfußes auseinander gespreizt stehen, Pes anserinus profundus. Zwei der zehenartigen Sehnenzipfel verlaufen in der Richtung des Muskels distalwärts, der dritte wendet sich wie die hintere Zehe eines Vogelfußes rückläufig nach oben und ist in die Hinterwand der Kniegelenkskapsel eingelassen, welche der Semimembranosus durch diese Seitenankerung spannen kann (Abb. 281). Dieser Sehnenzipfel hat den Teil der Gelenkkapsel, welcher in seiner Richtung liegt, verstärkt und zu einem Bande umgewandelt, welches jetzt als Fortsetzung der Sehne erscheint: Ligamentum popliteum obliquum. Von den beiden gerade auslaufenden Sehnenzipfeln geht der eine nach vorn unter dem Lig. collaterale mediale des Kniegelenks hindurch an den oberen Rand der Tibia, der andere strahlt in die oberflächliche Faszie des M. popliteus aus und erreicht mit dieser die Linea poplitea der Tibia.

Ein Schleimbeutel, Bursa m. semimembranosi (Abb. 255), liegt zwischen der Endsehne des Semimembranosus und dem medialen Ursprungskopf des Gastroknemius, um welchen sich die Sehne herumwindet, um die obere Tibiakante zu erreichen. Er schützt die beiden Muskeln vor zu starker Reibung aneinander. Doch biegt er auch um die Sehne des Semimembranosus herum unter diese und hängt nicht selten mit dem Inneren des Kniegelenkes zusammen. Zum Unterschied vom Pes anserinus superficialis und von der Bursa anserina (S. 560) liegen der Pes anserinus profundus und die Bursa m. semimembr. ganz versteckt in der Tiefe der Kniekehle. Schwellungen der Bursa anserina sind oberflächlich leicht sichtbar, weil sie von der harten Unterlage der Tibia nach außen vordringen, Schwellungen der Bursa m. semimembranosi verschwinden dagegen in der Tiefe der Kniekehle. Erstere haben mit Kniegelenksentzündungen nichts zu tun, werden aber von dem Unkundigen leicht damit verwechselt.

Wirkt besonders kräftig auf Knie und Hüfte

Die Arbeitsleistung des Semimembranosus beim Beugen und Einwärtsrollen des Unterschenkels ist besonders groß. Er unterstützt den langen Bizepskopf darin, das Becken nach hinten gegen den Schenkel zu fixieren; auch dabei ist er der kräftigste der drei am Sitzknorren festgehefteten Beuger. Sind diese gelähmt, so ist die Äquilibrierung des Körpers auf den Beinen sehr erschwert und der Gang des Patienten sehr unsicher (Tendenz nach vorn zu fallen). Ist das Becken so weit wie möglich nach hinten gekippt, so ist die Fähigkeit des Semimembranosus sich zusammenzuziehen bereits abgelaufen. Er ist insuffizient, weiter noch das Knie zu beugen. Umgekehrt ist die Wirkung auf das Knie um so größer, je mehr das Becken oder der Oberschenkel antevertiert stehen.



Das ist bei den drei langen Beugern, die vom Sitzknorren entspringen, das gleiche. Sie beugen sogar automatisch im Knie bei Vorhebung des Oberschenkels, wenn das gestreckte Bein nicht aktiv durch die Strecker im Knie versteift wird.

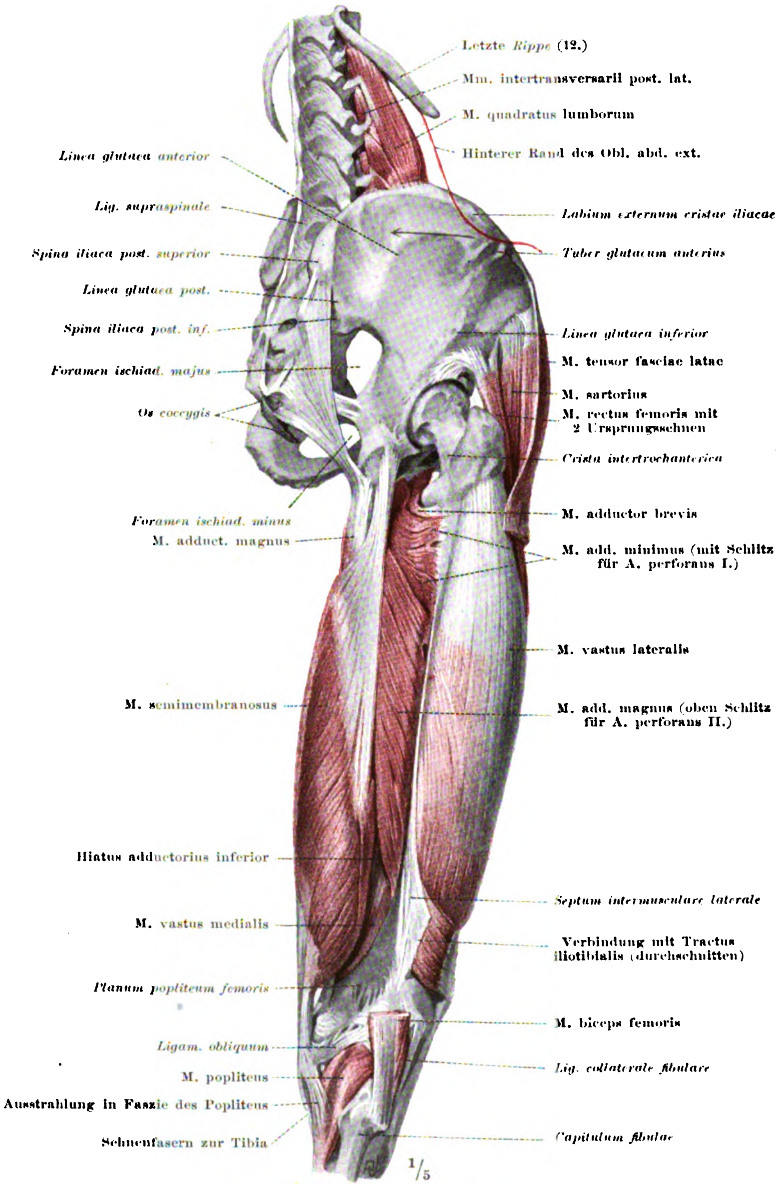


Abb. 281. **Oberschenkel von außen und hinten.** Pfeil in der Verlängerung des Unterrandes des Obl. abd. ext. entspricht dem Weichenwulst. Der Add. brevis kann weniger hoch inserieren und ist dann von hinten durch den Add. minimus ganz zugedeckt. Der Schlitz für die A. perforans I. liegt gewöhnlich zwischen Add. minimus und Add. magnus (hier ausnahmsweise innerhalb des Add. minim.).

Doch können die Beuger das Knie nicht in dem vollen Umfang aktiv beugen, welchen der Gelenkmechanismus an sich zuläßt. Denn die Ursprungs- und Insertionspunkte der drei Muskeln sind einander bereits maximal genähert, wenn das

Knie um 130° gebeugt ist. Hebt man im Stehen den Unterschenkel nach hinten empor, und packt man den Fuß mit der Hand, so kann man das Knie noch ein gut Stück weiter in die Höhe ziehen. Die Ferse schlägt dabei an das Gesäß an, wenn man den Widerstand der überdehnten Extensoren überwindet. Die passive Hemmung der Anteversion im Hüftgelenk ist bereits mehrfach erwähnt, z. B. S. 488.

Innervation: N. tibialis. Der Ast zum Muskel tritt mit vielen einzelnen Zweigen längs der Unterfläche des Muskelfleisches ein. Ein oder zwei Äste werden an den Adductor magnus abgegeben. Es kommt vor, daß die betreffende Portion des Adduktor am Ursprung und weiter distalwärts eng mit dem Semimembranosus verschmolzen, dagegen vom übrigen Adduktor getrennt ist. Segmentale Nerven: L 4—5, S. 1. Blutzufuhr: Rr. perforantes der A. profunda femoris, A. circumflexa fem. medialis; der distale Muskelbauch aus Ästen der A. poplitea.

Musculus semitendinosus. Er entspringt unmittelbar neben dem Ansatz des Ligam. sacrotuberosum am Sitzbeinknorren (Abb. 266) und ist außerdem mit vielen Fasern an der Sehne des langen Bizepskopfes angeheftet (Abb. 258). Den Namen trägt der Muskel nach der langen drehrunden Endsehne, welche bereits am Oberschenkel beginnt und um das Kniegelenk herum nach vorn in den Pes anserinus superficialis ausstrahlt (Abb. 302).

M. semitendinosus (Tab. Nr. 6), Abb. 131, 246, 248, 254, 258, 266, 277, 295a, 299, 302

Oben ist der Muskel vom Glutaeus maximus bedeckt. Etwas unterhalb von dessen unterem Rande geht in der Richtung der Muskelfasern des Glutäus eine feine Zwischensehne durch den parallelfaserigen schmalen Muskelbauch des Semitendinosus (Inscriptio tendinea, Abb. 131). Er liegt in einer Rinne des Semimembranosus, berührt oben den langen Bizepskopf, ist aber nach unten zu von den beiden über ihn hinausragenden Rändern des Semimembranosus flankiert. Daher begrenzt der Muskelbauch des Semimembranosus die Kniekehlenraute oben und innen, nicht der Semitendinosus. Er liegt im Gänsefuß als unterste Sehne; zwischen ihr und dem Lig. collaterale mediale liegt die Bursa m. semitendinosi (Abb. 254). Die Sehne springt als unterste Kante der medialen Kniekehlenwand bei Beugung des Knies besonders vor (Abb. 256).

Die Wirkung ist gleich der des Semimembranosus, nur ist die Arbeitsleistung schwächer. Die drei vom Sitzknorren entspringenden Beuger zusammen sind maximal gedehnt, wenn das gestreckte Bein in der Hüfte vorgehoben wird (S. 488); dies ist eine unvermeidliche Begleiterscheinung der für die Stabilität der Beinsäule günstigen Muskelbedingungen.

Passive Hemmung der Vorhebung des Beines

Innervation: N. tibialis. Da die Inskriptio als feine sehnige Platte das ganze Muskelfleisch durchsetzt und Nervenäste nicht passieren läßt, geht oberhalb und unterhalb ein besonderer Nervenast in den Muskel. Segmentale Nerven: L 4—5, S 1 (S 2). Blutzufuhr: Rr. perforantes der Art. profunda femoris.

d) Die Gruppenfaszie des Oberschenkels (Fascia lata).

Wie beim Arm ist auch beim Bein eine besondere röhrenförmige Faszie um die Muskeln insgesamt herumgelegt. Am Oberschenkel ist sie zu einer rings herum laufenden Binde differenziert, in welche die Muskulatur wie in eine prall anliegende Reithose eingezwängt ist: Fascia lata (Abb. 277). Nach der Tiefe zu ist sie beiderseits durch die Septa intermuscularia mit dem Femur in Verbindung. Der Raum innerhalb der Binde zerfällt so in zwei osteofibröse Röhren, die eine als Führung für die Extensoren, die andere für die Flexoren und Adduktoren zusammen.

Faserrichtung und Dicke

Die Fasern der Binde sind wesentlich ringförmig angeordnet, stehen also quer zur Oberschenkelachse. Damit werden zu starke Kontraktionen der eingeschlossenen Muskulatur gebremst. Es gibt aber auch längsverlaufende Fasern, welche sich hauptsächlich unter der Wirkung von Muskelfasern herausgebildet haben, Tractus iliotibialis Maissiati (Abb. 248).

Über den Ursprung am Becken siehe S. 500. Der Traktus inseriert am oberen Rand der Tibia und am Köpfchen der Fibula, außerdem durch Vermittlung des Retinaculum laterale (siehe Kniegelenk) an der Außenseite der Kniescheibe und



mittels des Septum intermusculare laterale außen am Unterende des Femur (Abb. 281). Infolge der Befestigung an Muskeln kann der Traktus gespannt und dadurch die Außenseite des Oberschenkels abgeflacht werden (Abb. 86).

Die Fascia lata nimmt vorn vom Tractus iliotibialis nach innen zu allmählich an Stärke ab (Fascia cribrosa und Fossa ovalis, S. 517). Über dem Vastus medialis ist sie nach unten zu so dünn, daß bei passiv gestrecktem Bein oft das Gewicht des Muskels genügt, um sie hernienartig vorzuwölben: Suprapatellarwulst (Abb. 278). Auf der Hinterseite des Oberschenkels ist die Faszie fast so derb wie außen vorn; sie enthält auch hier viele längs verlaufende Fasern. Besonders dünn ist sie medial über den Adduktoren, so daß dort am ehesten pathologische Einrisse eintreten können (Reiterhernien, S. 74).

Nach dem Becken zu setzt sie sich vorn auf das Leistenband fort, hinten auf die Faszie der Gesäßmuskeln, Fascia glutaea (S. 502; von vielen zur Fascia lata gerechnet). Nach dem Unterschenkel zu geht sie vorn in die Fascia cruris, hinten in die Fascia poplitea über. Sie kann — namentlich bei fetten Menschen — wie ein Schindeldach aus verschiedenen sich deckenden Blättern zusammengesetzt sein. Beim Präparieren muß man sich hüten, in die schrägen Zwischenspalten einzudringen, die durch Fett oft stark erweitert sind. Bleibt man im Niveau der einzelnen Platten, so ist die Faszie regelmäßig als eine das Ganze umhüllende Membran darzustellen.

Beziehung zum aufrechten Stehen (Venen)

Die derbe aponeurotische Ausbildung der Fascia lata ist unter den Primaten allein dem Menschen eigen. Für unser aufrechtes Stehen und Gehen wird das Knie vollkommen gestreckt, weil der Oberkörper auf einer geraden Säule leichter balanciert werden kann als auf einer geknickten. Die Muskelinsertionen, die namentlich bei den Beugern der Quadrupeden weit am Unterschenkel distalwärts hinabreichen, sind beim Menschen dicht an das Kniegelenk herangerückt. Die Faszie gibt ihnen die nötige Stütze. Würden sie sich verschieben können, so wäre die Kraft, mit der sie das Kniegelenk festhalten, erheblich gemindert. Es findet gewissermaßen eine Kraftübertragung der gesamten Oberschenkelmuskulatur auf den starren Mantel der Fascia lata statt, welche wie eine röhrenförmige feste Schiene das Hüft- und Kniegelenk ausschalten und den Unterschenkel direkt gegen das Becken so fixieren kann, daß weder das Becken nach hinten abzusinken, noch das Knie einzuknicken vermag.

Die straffe Spannung hat ihre bestimmten Folgen für das Gefäßsystem. Viele Venen weichen vor dem Druck der Faszie aus. So ist beim Menschen das Vorkommen oberflächlicher „präfaszialer“ Venen am Unter- und Oberschenkel zu verstehen (Vena saphena, Abb. 253). Die Faszie greift aber auch fördernd in die Gefäßbahn ein, da sie saugend auf tiefe, „subfasziale“ Venen wirkt. Immerhin kommt es nicht selten zu Störungen der Druckverhältnisse in der Venenbahn (Varizen des Unterschenkels).

Muskellogen, präpatellare Schleimbeutel

Einzelne Muskeln des Oberschenkels haben ihre besondere Führung in Logen der Faszie ähnlich der Rektusscheide des Bauches. Sie spaltet sich in zwei Blätter, ein oberflächliches und ein tiefes, welche den betreffenden Muskel zwischen sich fassen, aber längs dessen beiden Seitenrändern fest zusammenschließen. Die Nische ist durch Bindegewebszüge ausgeglättet. Am ausgeprägtesten sind die Logen des M. sartorius, M. tensor fasciae latae und des M. gracilis. Nur durch die Führung seitens der Fascia lata können diese Muskeln spezifisch wirken. Ihre Länge wäre viel zu groß, wenn der Muskel sich außerhalb der Loge zwischen Ursprung und Insertion auf den kürzesten Weg einstellen könnte (z. B. Sartorius, Abb. 280).

Das tiefe Blatt der Loge ist meistens etwas dünner als das oberflächliche. Es ist von den Gefäßen und Nerven für den Muskel durchbohrt. Die meisten Oberschenkelmuskeln haben eine inkomplette Loge, d. h. das tiefe Blatt ist unvollständig, oft ganz durch lockeres Bindegewebe vertreten. Die Führung ist entsprechend unvollkommener.

Vor der Kniescheibe liegen drei Schleimbeutel, Bursae praepatellares: zwischen Haut und Fascia lata die B. praepat. subcutanea (Abb. 287), zwischen

Fascia lata und Rektussehne die B. praepat. subfascialis und zwischen Rektussehne und Kniescheibe die B. praepat. subtendinea (S. 558). Alle drei können miteinander kommunizieren. Sie sind bei Menschen, welche viel auf den Knien liegen, oft Hypertrophien und Entzündungen ausgesetzt. Doch kommt hier nicht das Knien bei aufgerichtetem Körper in Betracht, da wir uns in dieser Stellung auf die obere Vorderkante der Tibia stützen. Eine Bursa subcutanea vor der Tuberositas tibiae ist in der Tat bei Betschwestern oft vergrößert. Die Bursae praepatellares sind dagegen am häufigsten bei Parkettputzern (Dienstmädchen) betroffen, die mit nach vorn übergelegtem Körper auf den Knien rutschen.

3. Band- und Gelenkverbindungen der Ober- und Unterschenkelknochen als passive Bewegungsfaktoren: das Kniegelenk und das obere Tibiofibulargelenk.

Allgemeines

Das Kniegelenk, Articulatio genus, ist das größte Gelenk des menschlichen Körpers. Es hat äußerlich mit dem Ellenbogengelenk gemein, daß es bei gestrecktem Glied in Extremstellung steht. Wir können weder im Ellenbogen noch im Knie über die gerade Streckstellung wesentlich hinaus, vielmehr ist Freiheit (bei beiden Gliedmaßen gleichsinnig) nur nach der ventralen Seite der Extremität gegeben; diese Seite ist allerdings beim Arm nach vorn, beim Bein nach hinten gerichtet (Abb. 152b). Es gibt nur eine Flexion: die Ventralflexion. Deshalb kommen wir mit der Bezeichnung: Flexion und Extension bei beiden Gelenken aus. Der Unterschied des Baues beim Knie gegenüber dem Ellenbogen ist trotzdem groß. Denn die Extremstellung ist beim Ellenbogen außer durch Weichteile besonders durch die knöcherne Führung des Humerus in der Ulnazange gesichert; beim Knie bestimmt lediglich der Weichteilapparat (Kapsel, Bänder, Sehnen) die Anschläge; die Knochen haben hier für die Führung geringere Bedeutung als im Ellenbogengelenk. Damit gelangen wir an den grundsätzlichen Unterschied der gesamten Konstruktion beider Gelenke, die sich trotz der äußeren Ähnlichkeit gewisser Bewegungen fundamental voneinander unterscheiden. Beim Unterarm sind die Rotationen um die Längs- oder Schiefachse (Pro- und Supination) in besonderen Gelenken lokalisiert, dem proximalen und distalen Radioulnargelenk. Das Humeroulnargelenk besorgt allein die Flexion und Extension. Ganz anders im Kniegelenk. Hier wird in der Gelenkverbindung zwischen Femur und Tibia, Articulatio tibiofemoralis, sowohl die Flexion und Extension wie auch die Rotation des Unterschenkels um seine Längsachse ausgeführt. Der Ginglymus für die Flexion und der Trochus für die Rotation sind nicht nebeneinander gebaut wie beim Arm, sondern konstruktiv miteinander vereinigt: Trochoginglymus. Indem die einander zugewendeten Enden des Femur und der Tibia so komplexe Aufgaben übernahmen, spezialisierten sie sich jedes für sich und verloren die ausgedehnte Kontaktfläche. Der Bandapparat ersetzt in sehr vollkommener Weise die Knochenführung; er ist so fest, daß totale Verrenkungen des Kniegelenkes zu den großen Seltenheiten gehören.

Die Fibula ist von der Gelenkverbindung zwischen Ober- und Unterschenkel ausgeschlossen (Abb. 268). Sie ist hinten seitlich mit dem Schienbein im oberen Tibiofibulargelenk verbunden. Das obere Ende des Knochens, welches als Muskel- und Bandapophyse Bedeutung hat, ist eine Stütze für die Gabel, in welcher der Fuß steckt (Talokruralgelenk).

Bei den Säugetieren ist das obere Stück des Wadenbeines nicht allgemein vorhanden, das untere für die Fußgabel aber in der Regel. Auch beim Menschen kann die Fibula in ähnlicher Weise reduziert sein. Für die eigentlichen Bewegungen zwischen Ober- und Unterschenkel ist das ohne Belang. Das Kniegelenk ist eine reine Articulatio tibiofemoralis, wenn auch die Gelenkhöhle gelegentlich mit der Spalte des Tibiofibulargelenkes kommunizieren kann.

a) Führende Gelenkflächen und Bänder.

Femur- und Tibia-flächen

Das Femur ist beiderseits an seinem unteren Ende, soweit es in der Kniegelenkskapsel steckt, nach hinten zu kolbig vergrößert (Abb. 276). Ist das Bein gerade gestreckt, so ruht das vordere, wenig gekrümmte Knochenende auf dem Schienbein (Abb. 286, schwarzer Kontur); wird es gebeugt, so kommt das hintere runde Knochenstück auf die Gelenkfläche der Tibia zu liegen (roter Kontur). Die erstere Stellung entspricht der unbeweglichen Verbindung zwischen Oberschenkel und Unterschenkel zu einer in sich starren Säule. Dabei bietet die Tibia dem Femur eine relativ breite Stützfläche. Wenn dagegen die Streckstellung aufgegeben wird, so kann der Oberschenkel gegen den Unterschenkel oder umgekehrt rotieren. Dazu ist die radförmige Krümmung des hinteren Teiles der Kondylen günstig, weil die Berührung der Knochen und damit die Reibung geringer ist. Der Knochenabschnitt des Kondylus, welcher zur Rotation benutzt wird, ist zwei Rädern eines Automobils mit gewölbten Laufflächen und schräg zueinander liegenden Achsen vergleichbar (Abb. 282). Die beiden Räder sind besonders geeignet, sich auf der Firstfläche des Schienbeines ohne viel Reibung zu drehen wie ein Wagen, der auf dem Platze wendet. Allerdings ist auch die Gefahr des Abrutschens groß. Doch gibt es dagegen Sicherungen.

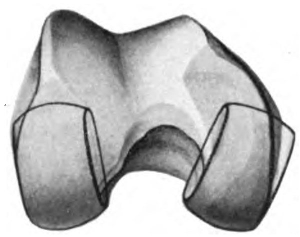


Abb. 282. Distale Stirnfläche des Femur mit schematisch eingezeichneten Rollen.

Der Zwischenraum zwischen den Femurknorren ist ausgenutzt als Führungsnute, Fossa intercondyloidea, in welche ein knöcherner, knorpelfreier Fortsatz der Tibia wie eine Schiene eingreift, Eminentia intercondyloidea (Abb. 268).

Vorn hängen die beiden Femurknorren hufeisenförmig in der Gleitbahn für die Patella zusammen (Facies patellaris, Abb. 283). Je eine seichte Furche in dem Knorpelbelag, Limen, begrenzt die drei Abschnitte der Gelenkfläche gegeneinander.

Die Gelenkknorpel des Femur, der Tibia und der Hinterfläche der Patella sind besonders dick (an der First auf der Hinterseite der Kniescheibe bis zu $6^1/_2$ mm, d. i. am dicksten im ganzen Körper); sie geben bei Belastung etwas nach, so daß sich die Gelenkflächen am Standbein besser aneinanderschmiegen als am Spielbein.

Wie es kommt, daß die Femurknorren trotz der schiefen Richtung des Femurschaftes doch gleich hochstehende Laufflächen haben, ist früher erörtert (S. 551).

Führende Binnen- und Außenbänder

In der Führungsnute zwischen den Femurknorren haben außerdem Knochenhaften Platz, Ligamenta cruciata (Abb. 283). Sie sind Binnenbänder, ähnlich dem Pfannenband des Hüftgelenkes. Es gibt außerdem Außenbänder, die zwischen dem Femur einerseits und den Unterschenkelknochen andrerseits ausgespannt sind, Ligamentum collaterale fibulare s. laterale und Ligamentum collaterale tibiale s. mediale. Am Femur sitzen sie an besonderen Erhöhungen der Kondylen, an dem Epicondylus lateralis und E. medialis (Abb. 276), die als Bandapophysen funktionieren. Sind die Binnen- und Außenbänder gespannt, so sind sie an der Führung der Knochen beteiligt und ersetzen die dem Knochen selbst fehlenden Führungsflächen. Deshalb werden sie hier zugleich mit den Gelenkflächen berücksichtigt.

Das erste der beiden Epitheta der Außenbänder ist nach den Unterschenkelknochen, das zweite nach den Epikondylen des Femur gewählt; beide Bezeichnungen sind nicht mißverständlich, anders die Namen „radial" und „ulnar" für die Außenbänder des Ellenbogengelenkes (S. 385).

Sind die Binnen- und Außenbänder entspannt, so geben sie die Bewegungen der Knochen frei. Die näheren Beziehungen der Bänder zur Kapsel des Gelenkes werden weiter unten beschrieben werden.

2 Menisci und 2 Stockwerke

Für die Betrachtung der führenden Flächen kommen schließlich noch die sichelförmigen Zwischenknorpel, **Menisci**, als wichtiges Ergänzungsmittel in Betracht. Sie entsprechen Zwischenscheiben zwischen den Gelenkenden (Abb. 11 c); sie sind an der Oberfläche faserknorplig, im Innern aus fibrösem und elastischem Bindegewebe aufgebaut. Jeder Femurknorren hat seine eigene Zwischenscheibe, **Meniscus medialis** und **M. lateralis** (Abb. 284). Da sie nur an ihrem äußeren Rande dick sind, sich aber nach innen zu

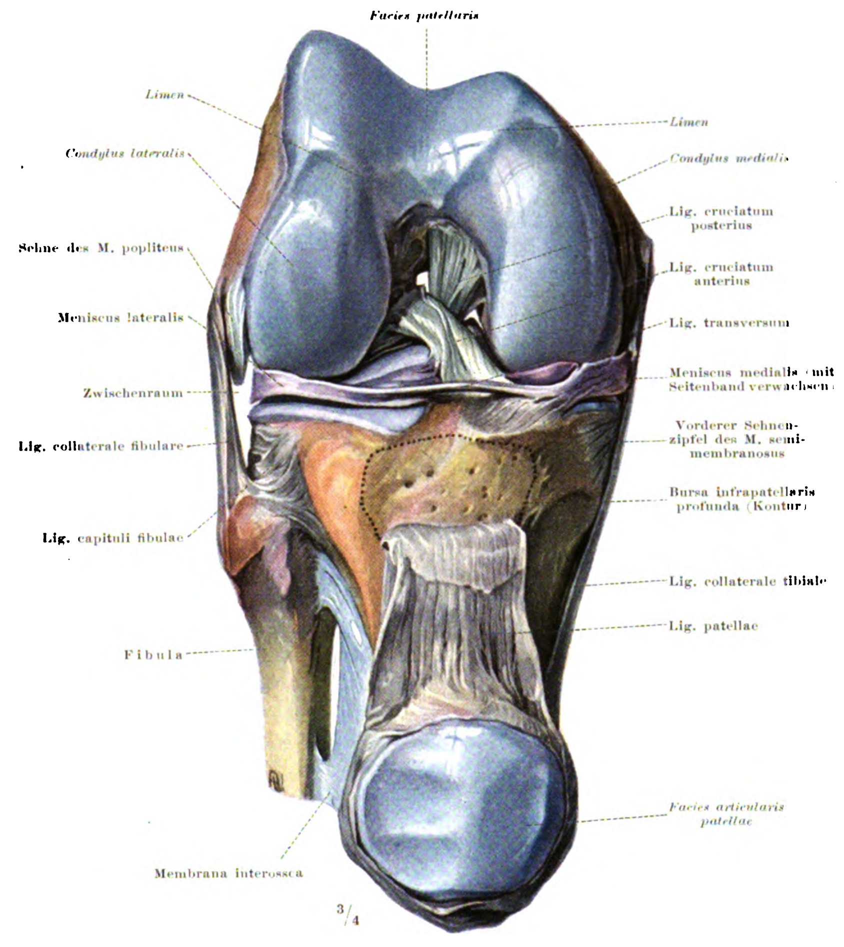


Abb. 283. **Rechtes Kniegelenk**, rechtwinklig gebeugt. Kniescheibe zurückgeschlagen, Kapsel abgetragen.

zuschärfen, so rollen die Räder des Femur, sobald sie auf die Menisci heraufzurutschen versuchen, wie von einer schrägen Ebene wieder hinab, so daß sie ihre linienförmige Führung auf der Tibiafirst behalten. Durch die Art der Befestigung der Menisci am Knochen und an der Kapsel ist nicht nur das Femur, sondern auch die Tibia gegen sie beweglich. Der Unterschied ist der, daß zwischen Tibia und Menisci eine plane Gelenkfläche, zwischen Femurknorren und Menisci eine gewölbte Gelenkfläche besteht. Diese Kombination eines nicht ganz regelmäßigen Kugelgelenkes an jedem Femurknorren,

Articulatio meniscofemoralis, und eines planen Schiebegelenkes, Articulatio meniscotibialis, ist ein Vorteil für die Beweglichkeit des Kniegelenkes, welche der Sicherheit nicht schadet. Denn die derbfaserigen Menisci sind plastisch genug, um bei den verschiedenen Stellungen der Knochen zu- und nachgeben zu können, so daß der Zwischenraum jeweils ausgefüllt und jeder Femurknorren gegen die Tibia abgestützt ist, wie ein Rad, das durch einen Hemmschuh am Fortrollen gehindert wird. Der Hemmschuh ist selbst nur innerhalb enger Grenzen fähig, auf der ebenen Unterlage zu gleiten (Abb. 285). Da die Femurknorren unbeweglich untereinander verbunden sind, so wird die Gesamtbewegung durch beide zugleich bestimmt und dadurch für den einzelnen wesentlich eingeschränkter als bei einem Kugelgelenk.

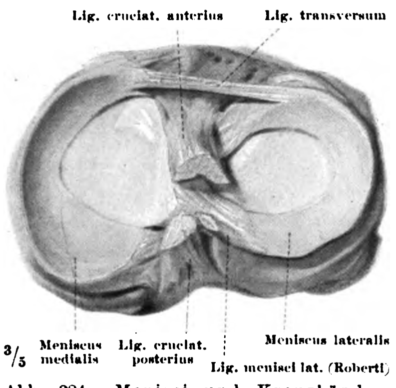


Abb. 284. Menisci und Kreuzbänder, proximale Firstfläche der rechten Tibia.

Führungsbänder bei gestrecktem Knie

Um den komplizierten, mit stärkster Raumausnutzung zusammengebauten Weich- und Hartteilverband im einzelnen zu verstehen, ist es am zweckmäßigsten, von den beiden Hauptstellungen auszugehen, welchen er angepaßt ist, der unbeweglichen, stabilen Streckstellung und der beweglichen, labilen Beugestellung. Die erstere entspricht der Normalstellung des aufrechtstehenden Menschen.

Lig. cruciat. anterius
Tuberculum intercondyloideum laterale
Tuberculum intercondyloideum mediale
Eminentia intercondyloidea
3/5
Lig. cruciat. posterius

Abb. 285. Verschiebung der Menisci bei der Rotation. Blaue Konturen: Menisci bei gestrecktem Knie (wie in Abb. 284). Rot: Menisci verrutscht bei Auswärtsrotation der Tibia. Blaue Ansatzfelder: für Meniscus medialis. Violette Ansatzfelder: für Meniscus lateralis. Gelbe Ansatzfelder: für Kreuzbänder. (Die verschobenen Menisci wurden nach der H. Virchowschen Gefriermethode bei rechtwinklig gebeugtem Knie und stark auswärts rotiertem Unterschenkel fixiert und freigelegt.)

Bei gestrecktem Knie sind die beiden Ligamenta collateralia gespannt. Das mediale ist breit, bandförmig. Es ist in die Kapselwand eingelassen. Die Sehnenfasern des M. semimembranosus, welche nach vorn an die Tibia ausstrahlen, liegen in der Kapselwand nach innen von dem Seitenband (Abb. 283), die Sehne des M. semitendinosus liegt samt dem Schleimbeutel außen von ihm (Abb. 254); das Band ist zwischen den beiden Sehnen eingeschlossen. Das laterale Seitenband ist drehrund wie eine Schnur (Abb. 288) und durch einen weiteren Zwischenraum, der mit Fett, Blutgefäßen und der Sehne des M. popliteus gefüllt ist, von der Kapsel getrennt (Abb. 283). Daher ist nur das mediale Seitenband mit dem Meniscus medialis in Verbindung, das laterale jedoch nicht; die Kapsel ist sonst mit den Menisci längs deren ganzen Außenrand verwachsen. Die Femurknorren gleiten, indem sie sich um die Mitte der Rolle drehen, von der extremen Beugung (Abb. 286, roter Kontur) in eine der extremen Strecklage nahe Stellung (blauer Kontur), ähnlich wie in einem Kugelgelenk der Kopf längs der Pfanne gleitet. Dabei entfaltet sich das mediale Seitenband, welches in Beugung in sich verdreht und gefaltet ist (rot), zu seiner ganzen Breite (blaue Fläche). Die letzten 10° der Streckung werden

in anderer Weise vollzogen. Es wickelt sich jetzt der Femurknorren von der Tibia ab, wie ein vorwärts rollendes Rad vom Erdboden abgewickelt wird. Die Rollenachse, die bis dahin annähernd still gelegen war, verschiebt sich wie die Wagenachse eines fahrenden Wagens. Das entfaltete Seitenband wird stark gespannt, da es vom Femur in der Richtung seiner Vorwärtsbewegung (bis in Stellung A) mitgenommen wird, andrerseits aber an der Tibia festgehalten ist. Das äußere Seitenband verhält sich ebenso. Beide zusammen verbinden das Femur und die Tibia in gestrecktem Zustand des Knies wie zwei Schienen eines gut sitzenden Verbandes und verbieten jede Bewegung, vor allem auch jede Flächenverschiebung der Gelenkflächen gegeneinander und jede Ab- oder Adduktion.

Beim X- oder O-Bein muß das Seitenband der Scheitelseite des Winkels, welchen der Ober- und Unterschenkel bei der Deformität miteinander bilden, überdehnt sein.

Schneidet man kleine Fenster in die unwichtigsten Stellen der Kniegelenkskapsel und zerstört man von hier aus die Kreuzbänder, so sind die Seitenbänder für sich imstande, das gestreckte Knie zu vresteifen. Die Kreuzbänder sind, wenn man die Seitenbänder zerschneidet, nicht imstande, Flächenverschiebungen der Knochen in Streckstellung zu verhindern. Dagegen verhindern sie wohl eine Überstreckung. Sie unterstützen darin — aber nur darin — die Seitenbänder beim gestreckten Bein. (Übrigens sind die hintere Kapselwand durch ihre Verstärkungen und auch die Beugemuskulatur Hindernisse gegen Überstreckung.) Die Wirkungsweise der Kreuzbänder und Menisci ist also weniger leicht als die der Seitenbänder von der Streckstellung aus zu verstehen; sie wird am verständlichsten, wenn wir sie in der Beugestellung des Knies betrachten.

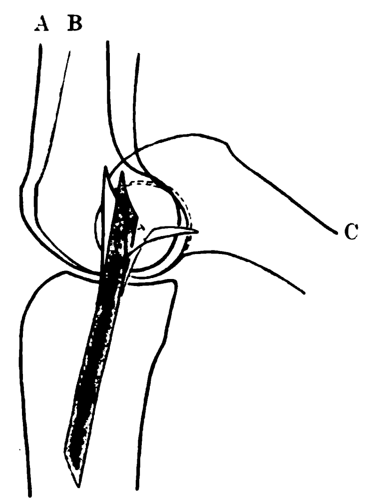


Abb. 286. Beugung des Oberschenkels gegen den Unterschenkel. Von Stellung A (schwarz) bis B (blau) bewegt sich die Rolle wie ein fortlaufendes Rad. Drehpunkt anfangs schwarzes, dann buntes Kreuz. Von Stellung B bis C (rot) dreht sich die Rolle am Platz. In letzterer Stellung ist sie mit blau und rot gestricheltem Kontur eingetragen (vgl. mit Abb. 282). Das Ligam. collaterale mediale entsprechend Stellung A mit schwarzem Kontur, entsprechend Stellung B blau und entsprechend C mit rotem Kontur.

Führungsbänder bei gebeugtem Knie

Bei gebeugtem Knie haben die Kreuzbänder für die Festigkeit der Verbindung aufzukommen. Bei Präparaten, bei welchen die Kreuzbänder allein durch ein kleines Fenster in der Kapsel zerschnitten werden, scheppern die Gelenkflächen, sowie das Knie gebeugt wird, weil die Seitenbänder entspannt und deshalb unwirksam sind. Das Ligamentum cruciatum anterius entspringt in der Fossa intercondyloidea anterior der Tibia zwischen den Ansätzen der beiden Menisci (Abb. 285); es inseriert in der Fossa intercondyloidea des Femur an der Innenseite des äußeren Femurknorrens. Das Ligamentum cruciatum posterius entspringt in der Fossa intercondyloidea posterior der Tibia hinter den Ansätzen der beiden Menisci; es inseriert wie das vordere Kreuzband in der Fossa intercondyloidea des Femur, aber an der Innenseite des inneren Femurknorrens und in der Tiefe der Grube selbst (die Anfangsbuchstaben der Ursprungsbezeichnungen „anterior" und „posterior" und der Insertionsbezeichnungen „externa" und „interna" ergeben für das vordere und hintere Kreuzband das von alt her übliche Merkwort: ae — pi). Infolge der genannten Befestigungen stehen beide Bänder schief zur Sagittalebene und kreuzweise zueinander (Abb. 283). Rollt man den Unterschenkel nach innen, so wickeln sich die Kreuzbänder stärker umeinander, da sich die sagittal hintereinander liegenden Ursprungsfelder (Abb. 285, gelb) weiter von den frontal nebeneinander liegenden Insertionsfeldern entfernen. Sehr bald ist die

Grenze erreicht, über welche hinaus die Kreuzbänder sich nicht mehr aufwickeln können, weil die Knochen durch sie zu stark aneinander geknebelt werden. Umgekehrt wird bei Rotation des Unterschenkels nach außen die Kreuzung der Ligamenta cruciata aufgehoben. Sie wickeln sich ab und können, wenn die Seitenbänder durchschnitten sind und die Kniegelenkskapsel entfernt ist, schließlich parallel zueinander stehen. Dabei ist der Unterschenkel weiter vom Femur entfernt und mit der Vorderfläche nach hinten gedreht (Fußspitze sieht nach hinten). Diese Stellung, die in der Norm nicht erreicht werden kann, wird also nur durch die Kapsel und deren Verstärkungen, speziell durch das Ligamentum collaterale tibiale vermieden. Dieses ist breiter als das äußere Seitenband und innig mit der Kniekapsel verwebt, weil es die Doppelaufgabe hat, sowohl bei der Streckung wie bei der Rollung zu hemmen. Dem äußeren Seitenband ist von diesen Aufgaben nur die erstere zugewiesen. Die Rotation des Unterschenkels zwischen den beiden Anschlägen, welche das mediale Seitenband (nach auswärts) und die Kreuzbänder (nach einwärts) bestimmen, beträgt im günstigsten Fall 45°.

Schlägt man im Sitzen das eine Bein über das andere und umfaßt man den Unterschenkel so, daß das Fibulaköpfchen und der innere Knorren der Tibia mit den Fingern kontrolliert werden können, so fühlt man bei Ab- und Adduktionen des Fußes an diesen Knochenmarken, ob und wie sehr der Unterschenkel beteiligt ist. Es erfordert bei vielen Menschen einige Aufmerksamkeit und Übung, um die Rotation des Unterschenkels bewußt hervorzubringen; denn wir bevorzugen seitliche Bewegungen des Fußes im Fußgelenk und können diese oft nur schwer ausschalten. Die Fußspitze geht in beiden Fällen — mag die Bewegung im Knie- oder Fußgelenk ausgeführt werden — wie ein Zeigerhebel nach aus- oder einwärts. Wird der Fuß mit dem Unterschenkel durch eine feste Bandage unbeweglich verbunden, so tritt die Rollung des Unterschenkels in dem ihm eigenen Umfang am reinsten hervor; aber die Betastung der oberen und unteren Enden der Unterschenkelknochen genügt, um das Wichtigste genau zu unterscheiden.

Bei gestrecktem Knie kann die Rotation im Hüftgelenk Rollungen des Unterschenkels vortäuschen. Letztere sind durch die Seitenbänder des Knies in dieser Stellung ganz ausgeschlossen; auch ist positiv am Verhalten des großen Rollhügels des Femur beim Lebenden sofort zu sehen, um wieviel sich der Oberschenkel im Hüftgelenk dreht.

Geradeso wie bei gebeugtem Knie und feststehendem Oberschenkel der Unterschenkel um die in ihm festliegende Längsachse rollt, geradeso kann bei feststehendem Unterschenkel und gebeugtem Knie der Oberschenkel um seine Drehachse (Abb. 268) kreiseln; der übrige Körper muß mitgehen, und vor allem muß das andere Bein Spielraum geben.

Spezielles Verhalten der Kreuzbänder

Beim Ligamentum cruciatum anterius ist die Insertion am Femur in einer sagittal gestellten, ungefähr senkrecht verlaufenden Linie gelegen, zu welcher das Band von dem horizontal stehenden Ursprungsfeld schräg von vorn nach hinten aufsteigt (Abb. 283, 287, 285). Da die senkrechte Linie bei Beugung des Oberschenkels im Knie ihre Lage wechselt, so werden die bis dahin gespannten Teile des Bandes entspannt und die schlaffen Teile gestrafft. In Streckstellung ist der Vorderrand straff, in Beugestellung der Hinterrand des Bandes. Auch beim hinteren Kreuzband liegen die Ursprungs- und Insertionslinien so zueinander und zur Querachse der Femurknorren, daß bald der Vorder- bald der Hinterrand gestrafft ist. Es verhält sich umgekehrt wie das vordere Kreuzband: bei Streckung versteift sich sein hinterster Abschnitt, bei Beugung der vorderste Teil. Wie das Kniegelenk auch stehen mag, immer ist ein Teil von beiden Kreuzbändern gespannt. So übernehmen sie die Führung des Gelenkes, wenn die Außenbänder normaliter versagen, also in sämtlichen Beugestellungen; sie verhindern jede Ab- oder Adduktion des Ober- und Unterschenkels gegeneinander! In Streckstellung unterstützen sie die Seitenbänder darin, Hyperextensionen und Ab- oder Adduktionen zu verunmöglichen. Sind die Kreuzbänder gerissen (Absprengung der Emi-



nentia intercondyloidea) und sind die Seitenbänder intakt, so vermag die Schienbeinfirst gegen das Femur wie in einem Schiebegelenk nach vorn und hinten zu gleiten, eine Bewegung, die beim normalen Knie unmöglich ist.

Bei der Rotation im gebeugten Kniegelenk rutschen die **Menisci** auf den horizontalen Firstflächen der Tibiaknorren (Abb. 285). Beide sind sichelförmig. Der laterale Meniskus ist in der Ruhelage einer nicht ganz geschlossenen Kreisfigur zu vergleichen, der mediale einer mehr offenen, halbmondförmigen Figur (Abb. 284). Der letztere umgreift mit seinen Ursprüngen an der Tibia die Ursprünge des lateralen Meniskus. Die vier Befestigungspunkte (blau und violett) liegen natürlich fest. Die verschieblichen Teile beider Menisci rutschen Spezielles Verhalten der Menisci

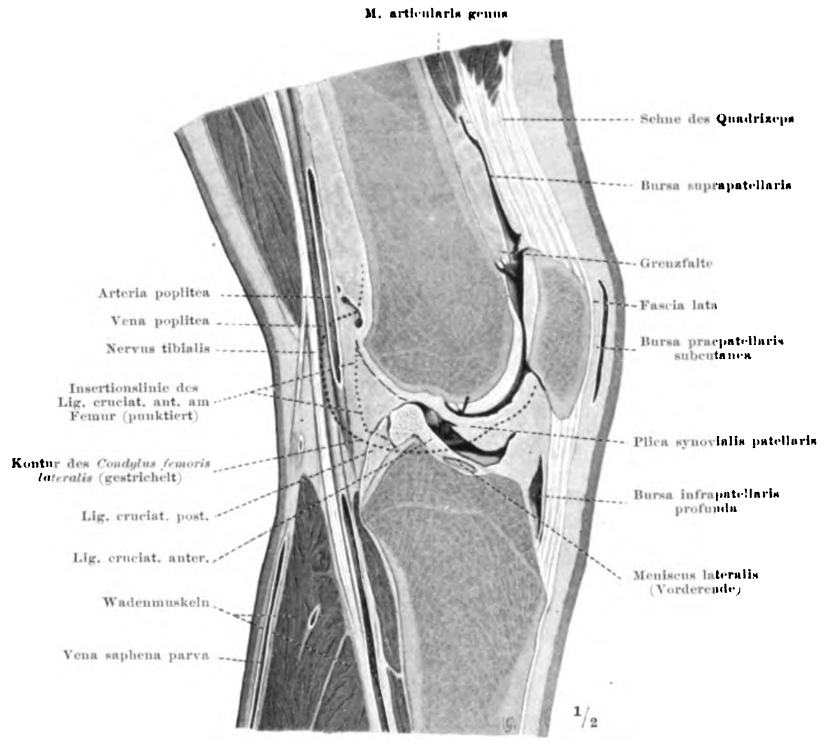


Abb. 287. Sagittalschnitt durch das Knie. Gefrierpräparat, hergestellt von Prof. Göppert.

im Meniskotibialgelenk so weit, um den Femurrollen in jeder Stellung zu folgen: sie formen ein **transportables Gelenk**. In jeder Stellung wird durch sie die lineare Berührung der Knochen in kuglige Stützflächen zwischen den Femurrollen und den Menisci verwandelt. Die Femurrollen schieben sie mit sich, wie ein Wagenrad den Hemmschuh mitschleift.

Vorn sind die beiden Menisci meistens durch ein dünnes Querband, **Ligamentum transversum genus**, verbunden (Abb. 283, 284). Wenn sie belastet sind, so versuchen sie ihres keilförmigen Querschnittes wegen nach außen auszuweichen. Dem widersteht dieses Band. Auch hindert es brüske Verschiebungen der Sichelknorpel. Der Meniscus lateralis hat noch eine besondere Befestigung durch akzessorische Züge des hinteren Kreuzbandes, welche anstatt von der Tibia zu entspringen aus dem Rand des Meniskus hervorgehen und am Femur inserieren, **Ligamentum menisci lateralis (Roberti)** (Abb. 284).

Beide Verstärkungen der Bandhaften der Menisci fehlen nicht selten. Daraus geht hervor, daß die Hauptbefestigungen an den Knochen und ringsum an der Kapsel, beim medialen Meniskus auch am Lig. collat. tibiale, allein imstande sind, eine Luxation zu verhindern.

Die essentiellen Bewegungen bei der Flexion finden nur in der Articulatio meniscofemoralis, bei der Rotation des gebeugten Knies nur in der Articulatio meniscotibialis statt. Die Menisci können wohl bei der Beugung bis zu 1 cm auf der Tibia nach hinten rutschen, weil ein Teil der Beugung nach Art eines fortrollenden Rades erfolgt, dem die Menisci folgen müssen (Abb. 286, schwarzer und blauer Kontur). Bei der Flexion sind also beide Gelenkkammern beteiligt. Das Meniscotibialgelenk dient aber hierbei ausschließlich zur Stützung, die eigentliche Flexionsbewegung findet nur im Meniscofemoralgelenk statt.

Der äußere Sichelknorpel als der kleinere und beweglichere luxiert seltener als der innere. Gerade bei Athleten kann letzterer abreißen und zwischen die Gelenkflächen abnorm eingeklemmt werden. Plötzlicher heftiger Schmerz ist die Folge, während wir für die normale Belastung unempfindlich sind.

Extreme Ausschläge, Schlußrotation

Die im Knie mögliche Beugung wird durch die Muskeln nicht voll ausgenutzt. Faßt man den nach hinten maximal erhobenen Fuß mit der Hand, so kann man ihn passiv noch ein gut Stück höher hinaufziehen (S. 565). — Bei der willkürlichen Streckung ist der Spielraum, welchen das vordere Kreuzband läßt, zu Ende, bevor die äußerste Spannung der Seitenbänder einsetzt. Um extrem strecken zu können, drehen wir den Oberschenkel ein wenig (5°) nach innen oder den Unterschenkel nach außen, weil dadurch das vordere Kreuzband entspannt wird und dann erst die Länge der Seitenbänder voll ausnutzbar ist: Schlußrotation. Im aufrechten Stehen dreht sich gewöhnlich das Femur, nicht die Tibia. Die Schlußrotation ist am Lebenden beim Kniegelenk äußerlich erkennbar und auch an kleinen Besonderheiten der Gelenkflächen der Leiche ablesbar. Bei anderen Gelenken vollzieht sich ähnliches, nur versteckter. Denn oft ergeben gerade die Zwischenstellungen zwischen „reinen" Bewegungsrichtungen maximale Ausschläge; so wurde beim Hüftgelenk festgestellt, daß dort äußerste Vor- und Rückhebungen mit leichten Abduktionen des Oberschenkels verbunden sein müssen (Abb. 270). Auch bei extremer Beugung des Knies gibt es eine geringe Schlußrotation (aber in umgekehrter Richtung als bei der Streckung). — Die normale Streckung (180°) wird beim Erwachsenen meistens nicht überschritten. Das Bänderpräparat läßt zwar Überstreckung von 6—9° zu, die aber im Leben durch den Widerstand der Muskeln vermieden werden. Bei Kindern und Jugendlichen ist Überstreckung bis zu 5° gewöhnlich. Beim Neugeborenen ist als Folge der intrauterinen Stellung eine volle Streckung des Knies noch nicht möglich. Die Länge der Muskeln stellt sich erst allmählich auf die Streckstellung der Knie ein.

Abnorme Knieenge und -weite

Das X-Bein (Genu valgum) und O-Bein (Genu varum) sind abnorme Ausprägungen der normal vorgebildeten Führung der Knochen durch die Bänder. Beim ersteren ist die Streckung stärker als normal (Hyperextension) und damit zwangsläufig eine abnorm starke Außenrotation des Unterschenkels kombiniert. Der Knochen rutscht in der Richtung weiter, die in der Norm vorgebildet ist. Beim letzteren wird die normale Streckung nicht ganz erreicht und ebensowenig die Schlußrotation. Bei allen hochgradigen Formen der Knieenge und Knieweite schließen sich Knochendeformierungen an die anfänglich im Bandapparat allein gegebenen Ursachen an. Das verschärft den Zwiespalt zwischen statischer Belastung und statischer Widerstandsfähigkeit. Da die Beugungsachse gewöhnlich den Abknickungswinkel zwischen Femur und Tibia halbiert, so kommen bei Flexion die Knochen aufeinander zu liegen und täuschen ein gerades Bein vor (S. 408).

Mathematische und biologische Betrachtung

Die Anheftung der Seitenbänder am Femur ist nicht geradlinig (Abb. 286). Sie entspricht oft ziemlich genau der Evolute zu der spiraligen Krümmung des Konturs der Femurknorren, Evolvente. Die Orthopäden haben versucht, bei Nachbildungen des Bewegungsmechanismus Scharniere anzuwenden, welche der mathematischen Berechnung entsprechen (Sektorenscharnier). Dabei hat sich herausgestellt, daß sie nicht mehr leisten als gewöhnliche Scharniere mit festen Achsen. Es kommt offenbar auf die feineren Adaptionen der Knochen- und Bandformen, die auch individuell wenig konstant sind, nicht so sehr an (S. 60). Die Muskelführung unter Leitung des Nervensystems kann Abweichungen der passiven Apparate in ziemlich weiten Grenzen ausgleichen. Wie sehr sie beim Kniegelenk eingreifen kann, ist bei einer anderen Bewegung am Lebenden bekannt. Wir nehmen bei der Flexion gleichzeitig kleine ausgleichende Torsionen des Unterschenkels vor. Diese sind nicht zwangsläufig vom Bänderskelett aus determiniert wie etwa die Schlußrotation, sondern sie werden rein gewohnheitsmäßig, aber unbewußt, durch ungleiche Kontraktion der einzelnen Beugemuskeln veranlaßt. Auch lernt die Muskulatur bei



Patienten mit zerrissenen Kreuzbändern das dann entstehende Schiebegelenk wie ein normales Gelenk zu **benutzen**, indem sie die atypischen Bewegungen ihrerseits verhindert.

b) Abschluß des Kniegelenks. Hilfsapparate.

Kapsel

Die Kniegelenkskapsel, Capsula articularis, ist außerordentlich groß und enthält entsprechend ihrer Fläche mehr Synovia als irgend ein anderes Gelenk. Sie umfaßt die Rollen des Femur, läßt aber die Epikondylen wegen der dort sitzenden Muskelursprünge frei, indem die Ansatzlinie im Bogen um die Epikondylen herumläuft (Abb. 288). Sie kreuzt dabei bei Jugendlichen die Epiphysenfuge. An der Tibia folgt sie dem Knorpelrand der Gelenkflächen, Margo infraglenoidalis, und bleibt allenthalten proximal von der Epiphysenfuge, solange diese besteht. In die Vorderwand der Kapsel ist die Kniescheibe eingelassen. Die Kapsel ist so weit, daß man bei erschlaffter Muskulatur die Patella samt der Kapsel seitlich verschieben und die Gleitbahn teilweise abtasten kann. Ist die Kapsel gedehnt, z. B. durch einen entzündlichen Erguß, Blut oder durch künstliche Injektionsmassen bei der Leiche, so wird die Kniescheibe vom Kontakt mit dem Femur abgedrängt. Bei Druck auf die Patella „tanzt" sie bei den genannten Erkrankungen unter dem Finger des Untersuchers (Fluktuation). Beim normalen Gelenk kann man dagegen nur mit ziemlicher Gewalt die Kniescheibe von der Unterlage abheben, weil dabei der Luftdruck überwunden werden muß. Dieser spielt beim Kniegelenk keine so große Rolle wie bei den meisten anderen großen Gelenken, weil der Kontakt zwischen den Knochen linear ist, und weil die sonst zur Stütze verwendeten Materialien zu plastisch sind.

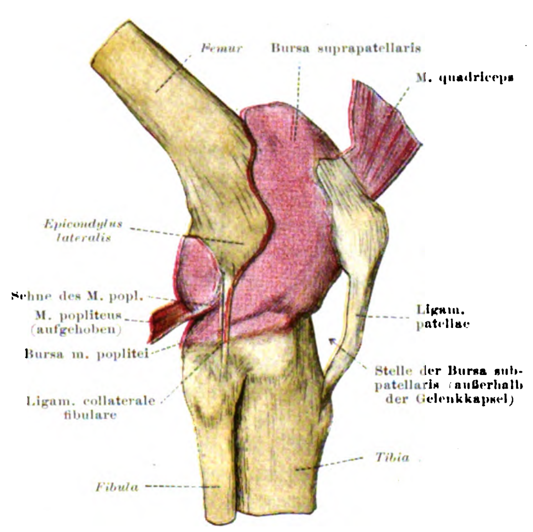


Abb. 288. **Kniegelenk mit Wachs injiziert, Trockenpräparat.**

Baufett

Dies gilt insbesondere von dem Fett, welches sich als dicker Querzylinder zwischen das Ligamentum patellae und die Kapsel da einschiebt, wo die letztere mit der Oberkante der Tibia zurückweicht. Das Fett verschiebt sich, anstatt dem Luftdruck standzuhalten. Als Baufett ist es ein typischer Bestandteil des Gelenkes. Es ist in die Vorderwand der Kapsel so weit eingestülpt, daß es die Zwischenräume zwischen den widerstandsfähigeren Konstruktionselementen des Gelenkes ausfüllt, wenn sie sich voneinander entfernen, vor allem in der Beugestellung, in welcher das Kniegelenk von vorn gesehen weit klafft (Abb. 283). Man nennt die in diese Kluft zu beiden Seiten der Kreuzbänder vorgeschobenen Fettmassen Plicae alares. Sie sind nach dem Gelenk zu von der Intima überzogen, gehören also zur Kapsel. In der Mitte springt von der Hinterfläche der Kniescheibe aus eine mediane, fettgefüllte Falte besonders vor, Plica synovialis patellaris (Abb. 287). Sie ist bei den meisten Affen und auch beim menschlichen Embryo ein besonders großes medianes Septum zwischen



den beiden Knorren des Femur. Meistens ist davon nach der Geburt nur ein Strang übrig oder auch dieser fehlt. Da die Menisci zwei übereinander liegende Stockwerke des Gelenkes abtrennen — allerdings auch nur partiell —, so ist in ausgeprägten Fällen eine inkomplette Zerlegung des Gelenkraumes in vier Kammern festzustellen.

Man muß sich vorstellen, daß die Kreuzbänder von der Kniekehle aus in das Gelenk vorgeschoben sind (Abb. 287), und daß die Kapsel sich hinter ihnen wieder geschlossen hat. Die Intima, welche das vordere Kreuzband bedeckt, berührt schließlich in vielen Fällen die Plica synovialis patellaris und verschmilzt mit ihr. So vereinigt sich die Duplikatur der vorderen Kapselwand (Fettfalte) mit derjenigen der hinteren Kapselwand (Kreuzbänder) zu einer senkrecht stehenden Scheidewand, die das Gelenk partiell in zwei nebeneinander stehende Kammern trennt. Sie ist immer auf den unteren Abschnitt des Gelenkraumes beschränkt; sie fehlt, wenn die Plica synovialis ganz rückgebildet ist.

Die vorderen Fettmassen wölben sich anstatt gegen das Gelenkinnere gegen die Haut zu vor, sobald die Knochen sich einander nähern. Bei aktiv gespanntem Quadrizeps quellen die beiden Enden des quer gestellten Fettzylinders unter dem Druck des Muskels neben den Rändern des Kniescheibenbandes hervor und sind äußerlich als Wülste sichtbar (Abb. 99). Drückt man auf die eine Seite des Fettzylinders neben dem Kniescheibenband bei entspanntem Quadrizeps, so quillt er auf der anderen Seite stark hervor; man kann ihn so hin- und herspielen lassen (Pseudofluktuation). — Die unpaare Plica syn. patellaris heftet das Fettpolster so an die Hinterseite der Kniescheibe fest, daß es besonders exakt dem Auf und Ab der Patella folgen kann und immer da bereit ist, wo die Kniescheibe klafft; das Fettpolster läßt so keinen Gegendruck der Atmosphäre aufkommen.

Schleimbeutel

Außer den beschriebenen neben- und übereinanderliegenden Kammern der Kniegelenkskapsel tragen nicht wenig blindsackartige Aussackungen dazu bei, den Gelenkraum zu einem der kompliziertesten zu gestalten. In diesem Labyrinth setzen sich Infektionen besonders hartnäckig fest. Eine Aussackung, die regelmäßig auf der Hinterseite in der Kniekehle versteckt liegt, ist die sog. Bursa m. poplitei (S. 561). Sie hängt breit mit dem Gelenk zusammen. Dasselbe ist auf der Vorderseite in den meisten Fällen bei der Bursa suprapatellaris der Fall (Abb. 287, 288). Die ursprüngliche Grenze des Kniegelenkes liegt 2—$2^1/_2$ cm hoch über dem oberen Rand der Kniescheibe und besteht meist noch als mehr oder minder hohe, nach innen vorspringende Grenzfalte, so daß die Pforte zwischen Bursa und Gelenkraum eng sein kann. Es kann aber auch jeder Rest der ursprünglichen Grenze verschwunden sein. Der suprapatellare Rezessus des Gelenkraumes reicht bei gestrecktem Bein 4 cm und mehr über den Kniescheibenrand hinauf. Er ist bedeckt vom aponeurotischen Teil des Quadrizeps. Der M. articularis genus dient als Kapselspanner (Abb. 252). Bei gebeugtem Knie zieht die Patella den oberen Rezessus mit nach unten, da er locker auf dem Femur befestigt ist. Die Kapsel gibt infolgedessen gewöhnlich der Beugung im Knie unbegrenzten Spielraum.

Ergüsse in das Kniegelenk drängen den Sehnenspiegel des Quadrizeps vor und wulsten seitlich die Wand des Gelenkes nach außen. In leichter Beugestellung faßt der Gelenkraum das größte Flüssigkeitsquantum. Deshalb nimmt das entzündete Knie automatisch diese Stellung ein. Die hufeisenförmige Schwellung beim Lebenden bestätigt das durch künstliche Injektion am Präparat erzielte Bild (Abb. 288).

Es gibt bis zu 30 Schleimbeutel in der Kniegegend, darunter viele kleine, wechselnde und ziemlich bedeutungslose. Bemerkenswert sind 1. die Bursa m. poplitei (Abb. 255, 288), siehe oben. Sie hängt bereits im fötalen Leben mit dem Gelenk zusammen. Durch ihre Vermittlung kommuniziert manchmal das obere Gelenk zwischen Tibia und Fibula mit dem Kniegelenk (10—20% der Fälle). Der Meniscus lateralis ragt, soweit ihn die Bursa bedeckt, mit freiem Rand in diesen Teil des Kniegelenkes hinein. Das ist die einzige Stelle, an welcher der Rand der Menisci nicht mit der Kniegelenkskapsel verschmolzen ist. Durch die Anschmelzung des Schleimbeutels an das Gelenk ist gleichsam ein Zwischenstock (Mezzanin) in Höhe des Meniskus zwischen dem meniscotibialen und meniscofemoralen Stockwerk des Gelenkes zustande gekommen. 2. Die Bursa suprapatellaris (Abb. 252, 287, 288). Siehe oben. Sie pflegt kurz nach der Geburt mit dem Gelenk zu

verschmelzen. Bei ca. 15% der Fälle bleibt der Schleimbeutel selbständig (bei Kindern häufiger). 3. Die Bursa m. semimembranosi (Abb. 255) kann der größte Knieschleimbeutel sein und mit dem folgenden zusammen bei Entzündungen eine große, aber versteckte Geschwulst in der Kniekehle erzeugen. Verbindung mit dem Gelenkraum kann vorhanden sein, aber auch fehlen. Die Häufigkeit scheint mit dem Lebensalter zu wechseln (bis zu 50% der Fälle im Alter). 4. Bursa m. gastrocnemii medialis (Abb. 255), steht ebenfalls mit dem Kniegelenk in 50% der Fälle in Verbindung und vermittelt, indem sie mit der vorigen verschmilzt, deren Zusammenhang mit dem Gelenkraum. 5. Bursa anserina unter den Sehnen des Grazilis und Semitendinosus. Die Bursa unter dem Semitendinosus kann selbständig sein (Abb. 299). Besonders häufig ist eine Bursa m. sartorii propria (Abb. 254). Keine Verbindung mit dem Kniegelenk! Lage oberflächlich auf der Tibia. 6. Bursa tuberositatis tibiae subcutanea auf der Tuberositas tibiae. Keine Verbindung mit dem Kniegelenk! Sie liegt auf der Stelle des Knochens, mit welcher er beim Knien in aufrechter Rumpfhaltung den Hauptdruck auszuhalten hat. In der Nähe kommt unter der vorderen Ausstrahlung der Semimembranosussehne (Abb. 283) ein prätibialer selbständiger Schleimbeutel vor, ebenso ein Nachbarschleimbeutel vor dem Kniescheibenband. 7. Bursa infrapatellaris profunda unterhalb der Patella und bedeckt vom Ligam. patellae (Abb. 283, 287, 294). Eine Verbindung mit dem Gelenkraum fehlt oder gehört wenigstens zu den größten Seltenheiten. 8. Bursa m. bicipitis fem. inferior. Sie liegt zwischen Capitulum fibulae und Bizepssehne. Schwellung kann den nahe liegenden Nervus peronaeus drücken und reizen. Etwas höher kann je ein Schleimbeutel zwischen lateralem Kopf des Gastroknemius und Bizeps und (selten) zwischen lateralem Gastroknemius und Gelenkkapsel vorkommen. Bei keinem Verbindung mit Kniegelenk!

An den Ansatzstellen der Binnenbänder und an den Rändern der Kniescheibe sitzen zahlreiche Synovialzotten. Abgelöste und mit Kalksalzen inkrustierte Zotten oder abgesprengte Stückchen der Gelenkkapsel erzeugen „Gelenkmäuse“ (S. 59).

Die Seiten- und Binnenbänder der Kniegelenkskapsel, welche die Führung der Gelenkflächen ergänzen, haben sich hochgradig verselbständigt. Das Ligamentum collaterale fibulare ist sogar ganz aus dem Verband der Kapsel herausgetreten und durch einen bis 1 cm breiten Zwischenraum von ihr getrennt (Abb. 283). Das Lig. collat. tibiale liegt größtenteils innerhalb der Kapselwand und hat deshalb keine so scharfe Begrenzung; es ist unten manchmal durch einen Schleimbeutel von der Kapsel getrennt und gegen die Tibiakante geschützt (Bursa ligamenti collat. tib., oft mit dem Kniegelenk verschmolzen). Da, wo sich die Kapsel hinter den eingewanderten Kreuzbändern geschlossen hat, ist sie verstärkt durch das Ligamentum popliteum obliquum (Abb. 281), das sich unter dem Zug der Semimembranosussehne herausbildet und durch das Lig. arcuatum (Abb. 255), das den M. popliteus überfängt und im Zusammenhang mit letzterem entstanden ist. Verstärkungsbänder der Kapsel

Auch die vordere Wand des Kniegelenkes ist verstärkt. Ihr Hauptschutz sind die Patella und das Lig. patellare. Daneben gibt es beiderseits die Retinacula patellae, platte Bandstreifen, welche seitliche Verschiebungen der Kniescheibe bremsen. Wie das Kniescheibenband liegen sie nicht nahe dem Kapselraum, sondern ziehen oberflächlich unter der Haut über das Fettpolster der Kapsel hinweg zum oberen Rand der Unterschenkelknochen. Beide Retinacula bestehen aus oberflächlichen vertikalen Zügen, die wie Schienen beiderseits die Patella flankieren, und aus tiefen horizontalen Fasern, welche wie Zügel unmittelbar am Seitenrand der Patella angeheftet sind.

Das Retinaculum laterale empfängt oberflächliche Fasern aus dem Tractus iliotibialis, aus der Sehne des Vastus lateralis und des Rectus femoris. Die tiefen Fasern strahlen vom Epicondylus lateralis femoris zur Seite der Patella aus (Abb. 244); auch ihnen sind Fasern aus dem Tractus iliotibialis beigemischt. Das Retinaculum mediale hat seine oberflächlichen Fasern aus der Sehne des Vastus medialis (Abb. 244, 255) und Rectus femoris. Die tiefen Fasern strahlen vom Epicondylus medialis femoris fächerartig aus (Abb. 252). Die oberflächlichen senkrechten Fasern können durch die Muskeln, von denen sie gespeist werden, gestrafft werden und bremsen nur dann. Die tiefen horizontalen Fasern wirken



rein passiv, und zwar hemmt jeweils das der Verschiebungsrichtung abgewandte Retinakulum. Bei Luxation der Patella reißt infolgedessen das letztere. Oberflächlich ziehen über die Retinakula die Faszienzüge der Fascia lata quer oder schräg hinweg. Sie überqueren auch die Kniescheibe. Bricht die Kniescheibenspitze vom übrigen Knochen ab und sind die Retinakula erhalten, so kann im Sitzen das Bein oft noch einigermaßen gestreckt werden. Sobald auch sie gerissen sind, was bei Kniescheibenbrüchen die Regel zu sein pflegt, hat der Quadrizeps jede Gewalt über den Unterschenkel verloren, er kann das Bein nicht mehr strecken.

c) Die Plastik des Knies.

Vorderseite Die äußere Form der Kniegegend ist besonders vorn sehr stark durch das Kniegelenk und seine Adnexe beherrscht. Die Kniescheibe und das Kniescheibenband treten bei leicht gebeugtem Knie am deutlichsten hervor, da dann die Patella auf ihrer Gleitbahn liegt und der Luftdruck die Fettfalten der Kapsel in die Tiefe drängt. Wird das Knie stärker gebeugt, so sinkt die Kniescheibe in den nach vorn klaffenden Zwischenraum zwischen den Knochen hinein. Das Knie sieht infolgedessen abgerundet aus (Abb. 253). Lateral überhöhen das seitliche Außenband, die Bizepssehne und der Tractus iliotibialis die Gelenkspalte (Abb. 248). Besser ist sie zu fühlen an der Innenfläche, wo das Seitenband und die platten Muskelsehnen im Niveau der Knochen bleiben. Die Innenseite des Knies ist halbkuglig (Abb. 256). Die obere Hälfte der Kugel gehört zum Femur, die untere zur Tibia. Gerade in der Mitte der Kugel kann man die Gelenkspalte durchtasten.

Kniekehle Nach hinten zu ist das Kniegelenk durch die Muskeln bedeckt, welche das Knie beugen. Die Kniekehle, Fossa poplitea, entsteht nur bei Beugung, da dann die Muskeln sich von den Knochen abhebeln und als Ränder der Kniekehle beiderseits vorspringen, am stärksten innen (Abb. 256). Der Inhalt (Gefäße, Nerven, Fett, Abb. 287) verschwindet unter der Wirkung des Luftdruckes in der Tiefe der Grube. Die quere Falte, in welche sich die Haut legt, und welche als stationäre Querlinie auch bei gestrecktem Knie sichtbar zu sein pflegt, liegt höher als in der Tiefe der Kniekehle der Gelenkspalt liegt! Bei gestrecktem Bein wird der Inhalt der Kniekehle nach außen vorgedrängt. An Stelle der Grube ist die hintere Kniegegend vorgewölbt und gespannt (Abb. 131).

Ein Fehler, welcher dem Ungeübten leicht unterläuft, ist die Verwechslung der Gegend der Gelenkspalte mit dem Planum popliteum. Man mache sich klar, wie tief die Gelenkspalte unterhalb des Planum und unterhalb der Gastroknemiusursprünge liegt (Abb. 246b). Sowie man am Präparat und am Lebenden das Knie bewegt, ist ein Irrtum ganz ausgeschlossen.

d) Articulatio tibiofibularis superior.

Zwei kleine plane Gelenkflächen der beteiligten Knochen, die Facies articularis tibialis und die Facies articularis fibularis, sind durch eine eigene Kapsel verbunden. Vorn und hinten wird die Kapsel durch die Ligamenta capituli fibulae verstärkt (Abb. 244, 283). Auch stemmt sich die Membrana interossea einer Verschiebung der Fibula entgegen. Der Knochen ist in Streckstellung des Knies so fest gestellt, daß das äußere Seitenband einen unbeweglichen Halt am Fibulaköpfchen hat. Als Stütze für dieses Band und für die Stabilität des gestreckten Beines, auch als Ansatz wichtiger Muskeln ist das obere Fibulaende von Bedeutung (über Reduktion, S. 567).

Aktiv kann der Bizeps die Fibula bei gebeugtem Knie ein wenig nach hinten ziehen. Passiv wird der Knochen um geringe Beträge verschoben, wenn das untere Ende der Fibula unter dem Druck des Talus ausweicht (siehe Talokruralgelenk). Diese geringe Verschieblichkeit schützt die dünne Fibula vor Bruch bei überstarken

und plötzlichen Beanspruchungen. Von den Bewegungen des Knies ist das Gelenk ganz ausgeschaltet; doch kann der Gelenkspalt durch Vermittlung der Bursa poplitea mit dem Kniegelenk kommunizieren (in 15% der Fälle). Für die Fortleitung von Entzündungen ist diese Verbindung wichtig. Der Chirurg darf nicht ohne Not das an sich unwichtige Gelenk öffnen, weil damit das Kniegelenk gefährdet sein kann. Es liegt oberhalb der Epiphysenfuge der Fibula.

4. Das Knie als Ganzes in Ruhe und Bewegung.

Das schließliche Endergebnis der aus vielen Einzelbestandteilen zusammengesetzten Architektur des Knies für die Statik und Kinematik des Körpers ist verhältnismäßig einfach, weil es für den Menschen viel mehr auf Stützung in diesem Gelenk bei der aufrechten Körperhaltung als auf vielseitige Beweglichkeit ankommt. Das Besondere der Stützung liegt darin, daß beim Gehen alternierend das eine Bein zur Tragsäule wird, Standbein, während das andere inzwischen entlastet und in eine neue Lage gebracht wird, Spielbein, um selbst in der nächsten Phase Standbein werden zu können.

Das Knie des Standbeines bei verschiedenen Körperhaltungen

Beim Standbein ist die Aufgabe des Kniegelenkes direkt negativ: es soll sich selbst ausschalten, damit Ober- und Unterschenkel zu einer starren Säule vereinigt sind. Da die Seiten- und Binnenbänder in Streckstellung des Beines gespannt sind, das vordere Kreuzband sogar so sehr, daß es zwangsläufig eine geringfügige „Schlußrotation" des Oberschenkels in der Richtung auf den Bandursprung hin (einwärts) erzwingt, so kann das Bein nicht weiter nach vorn durchgedrückt werden. Jede Verlagerung des Schwerpunktes des Oberkörpers nach vorn vor die Querachse des Kniegelenkes (Abb. 1a) erhöht nur die Festigkeit der Säule. So wird bei der straffen (militärischen) Haltung der Oberkörper so weit nach vorn gelegt, daß das Schultergelenk vor das Hüftgelenk und dieses vor das Sprunggelenk zu liegen kommt (etwa senkrecht über die LISFRANCsche Linie am Fuß). Ein Lot durch den Schwerpunkt des Körpers fällt in dieser Stellung weit vor das Kniegelenk, und das gesamte Körpergewicht (abzüglich des Gewichtes der Unterschenkel und Füße) spannt die Hemmungsbänder der Knie passiv, wie eine Armbrust durch ihre Sehne gespannt wird. Das Durchdrücken der Knie belastet besonders das vordere Kreuzband und erleichtert infolge der schrägen Richtung desselben das Stehen mit divergierenden Fußspitzen. Besonders wirksam ist das Gewicht des Körpers, wenn man nur auf einem Beine steht; dadurch wird die Festigkeit im Knie nicht geschwächt, sondern nur erhöht. Die Äquilibrierung macht bei dem Stehen auf einem Bein allerdings größere Schwierigkeiten. Beim lässigen Stehen genügt eine nicht vollständige Spannung der Bänder, da die Unterstützungsfläche der Knochen durch die eingebauten Sichelknorpel groß genug ist, um das Knie gerade im labilen Gleichgewicht zu erhalten.

Eingreifen der Muskulatur

Als blitzschnell eingreifende Sicherung bei jeder Störung und als besonderes Hilfsmittel beim straffen Stehen steht die Muskulatur bereit, vor allem der Quadrizeps mit seiner außerordentlichen Muskelmasse. Sie wirkt bei der straffen militärischen Haltung am Kniegelenk des Standbeines gleichsinnig mit der Schwere des nach vorn gelegten Oberkörpers; beim Hüftgelenk dagegen haben die Glutaei die Last des Oberkörpers mitzutragen, wenn auch gewöhnlich die Flexoren des Oberschenkels genügen, um ein genügendes Gegengewicht gegen den Oberkörper zu erzeugen.

Die Gesamtgröße des Querschnittes der Streckmuskeln des Oberschenkels ist wie bei den Gesäßmuskeln nur zu verstehen, wenn man bedenkt, daß beim Aufrichten des Körpers aus dem Liegen, Knien oder Hocken der Knie- und der Hüftwinkel gegen die Körperlast gestreckt werden müssen und daß dabei von diesen Muskeln das ganze Körpergewicht gehoben wird (mit den Belastungen durch Kleider und andere akzessorische Dinge). Das gleiche Gewicht haben sie bei der „Kniebeuge"

zu tragen. Das Arbeitsvermögen der gesamten Streckmuskeln eines Knies wird auf annähernd 143 Kilogrammeter geschätzt; es können danach beide Beine zusammen das Vielfache des Körpergewichtes (ca. 8fache) vom Boden auf die Höhe des gestreckten Knies emporheben (ca. $^1/_2$ m). Dieses Plus an Muskelkraft kommt in allen bedrohlichen Fällen der Versteifung des Standbeines im Knie zugute. Durch Bänder und Muskeln ist hier größere Festigkeit erreicht, als rein knöcherne Verbindungen leisten könnten. Der Statistik nach sind Knochenbrüche des Ober- und Unterschenkels nicht selten, wohl aber Kniegelenksverrenkungen. Die mechanische Sicherheit ist nicht rein passiv wie etwa bei einem versteiften (ankylosierten) Gelenk, sondern die mitwirkende Muskelkomponente ist an die mit ihr verknüpfte Nerventätigkeit gebunden. So ist es möglich, das Kniegelenk bei einem lässig dastehenden Menschen durch einen leichten Schlag in die Kniekehlen zu überrumpeln. Dieser Trick kann den kräftigsten Menschen zu Boden strecken, wenn der Quadrizeps nicht schnell genug eingreift, um ein weiteres Einknicken des Knies aus dem labilen Gleichgewicht des lässigen Stehens heraus zum Stillstand zu bringen. Die Bindung unseres aufrechten Stehens an die Wachsamkeit der Muskulatur ist der Preis, den wir zahlen für die wichtige Fähigkeit, das Knie zu knicken, wenn wir es benötigen, vor allem beim Spielbein. Ein steifes Kniegelenk wird bei der militärischen Beurteilung als Verlust der halben Erwerbsfähigkeit veranschlagt.

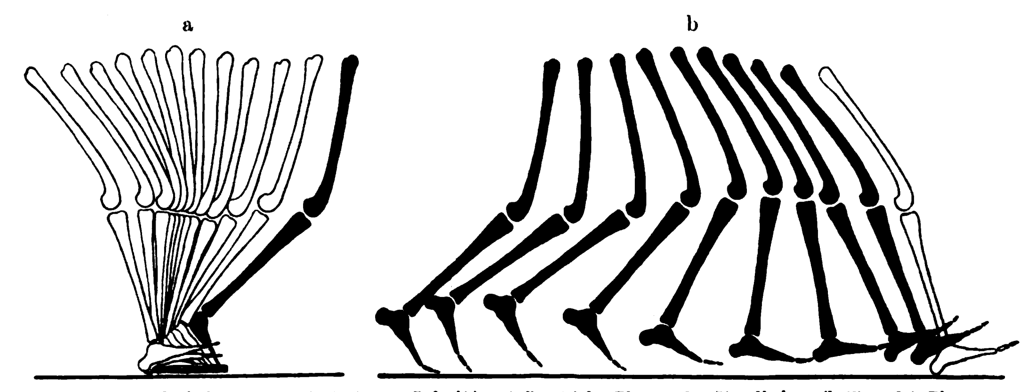


Abb. 289. Beinbewegung bei einem Schritt. a) Sämtliche Phasen des Standbeines (hell) und 1. Phase des Spielbeines (dunkel). b) Sämtliche Phasen des Spielbeines (dunkel) und 1. Phase des Standbeines (hell). Nach Momentaufnahmen von O. Fischer, Gang des Menschen, Sächs. Akad. d. Wiss. Bd. 26.

Im aufrechten Stehen können die meisten Erwachsenen den Boden mit den Fingern nur dann erreichen, wenn sie in die Kniebeuge gehen, weil die drei Beugemuskeln an der Hinterseite des Oberschenkels um so mehr gedehnt werden, je mehr das Becken bei gestrecktem Knie im Hüftgelenk nach vorn gekippt wird. Der Nervus ischiadicus an der Hinterseite des Oberschenkels wird ebenfalls gespannt, da er auf dem Hals des Femur liegt und nicht weiter nach vorn ausweichen kann. Leute mit Ischias vermeiden deshalb ängstlich das Vornüberbeugen, sondern gehen senkrecht in die Kniebeuge, wenn sie einen Gegenstand vom Boden aufheben wollen. Der Exkursionsraum für die Hand ist durch das Einknicken im Knie erhöht.

Das Spielbein beim gewöhnlichen, ruhigen Gang

Das Spielbein ist beim Gehen in jeder normalen Gangart im Knie geknickt. Nur der Grad der Beugung wechselt und ist bezeichnend für die verschiedenen Arten des Gehens, Laufens oder Springens. Wir betrachten zuerst den gewöhnlichen ruhigen Gang. Alles, was hierbei am Knie passiert, hat keine unmittelbare Bedeutung für die Fortbewegung des Körpers, sondern das Spielbein soll nur das Standbein bei seinen Aufgaben möglichst wenig stören. Die Fortbewegung übernimmt lediglich das Standbein, welches die Körperlast trägt und zugleich vorwärts schiebt (Abb. 289a). Das Spielbein wird getragen; es hat, während das Standbein arbeitet, ihm so zu folgen, daß es seinerseits im richtigen Augenblick Standbein werden kann. Wir haben also vom Standbein auszugehen, wenn wir verstehen wollen, warum das Knie des Spielbeins bei jedem Schritt gebeugt werden muß (Abb. 290). Der Fuß, welcher zum Stand-

bein des jeweils nächsten Schrittes gehört, erreicht den Boden mit der Ferse (Abb. 289 a), welche von diesem Moment ab bis zu dem Augenblick, wo die Fußspitze den Boden verläßt, sich vom Fußboden abwickelt und so hoch steigt, daß das Bein um den Betrag länger wird, um welchen die Ferse lotrecht gehoben wird. Von diesem Ausgangspunkt beim Abschwingen ist das Spielbein nur in der Weise gerade nach vorwärts an dem relativ kürzeren Standbein vorbei zu bringen, daß es immer stärker im Knie einknickt, um die Verlängerung durch den Fuß auszugleichen (Abb. 289 b). Der Fuß selbst bleibt dabei ungefähr in seiner relativen Lage zum Unterschenkel. Würden die Muskeln, die ihn im Fußgelenk versteifen, loslassen, so würde er trotz der Beugung des Knies mit der Fußspitze über den Boden schleifen; nur maximale Hebung der betreffenden Beckenseite würde einigermaßen das Absinken des Fußes kompensieren („Steppergang“ bei Kranken mit Lähmung des Nervus peronaeus). Bei nor-

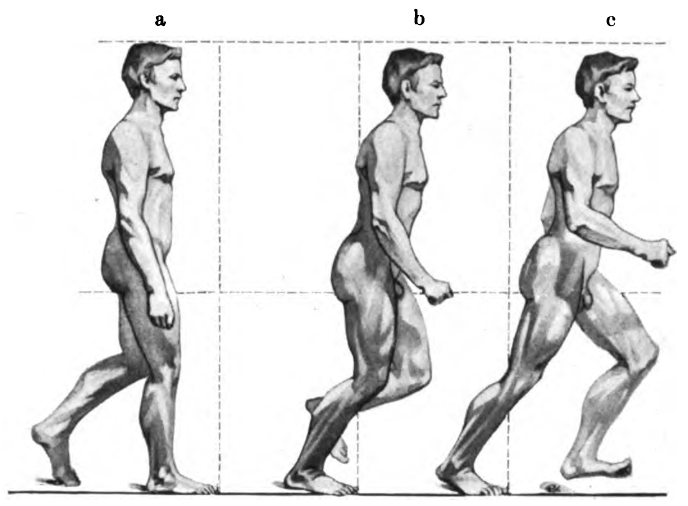


Abb. 290. **Körperhaltungen bei gradliniger Fortbewegung.** a) beim ruhigen Gang, b) beim schnellen Gehen, c) beim Laufen (eigene Kinoaufnahmen). Rechtes Bein: Standbein, linkes Bein: Spielbein. Je schneller der Mensch geht, um so kürzer wird er (obere Horizontale) und um so schräger steht die Körperachse (Vertikale durch Zehenspitze des Standbeines). Das Becken steht beim schnellen Gehen am tiefsten (Horizontale durch Gesäßfalte von a), weil das Standbein schräg steht und außerdem geknickt ist.

malen Fußmuskeln genügt die Beugung im Knie, um den Fuß über den Boden hinweg zu pendeln.

Eingreifen der Muskulatur

Läßt man durch die Schwerkraft ein aus zwei locker aneinander gebundenen Linealen improvisiertes Pendel ähnlich dem Bein schwingen, so kommt das untere Lineal, wenn das distale Ende genügend beschwert ist, dem oberen voraus. Daß unser Unterschenkel gegen den Oberschenkel zurückbleibt, wird also anfänglich gegen die Schwerkraft, nur durch Muskelwirkung, erzielt. Das Eingreifen der Muskulatur ist hier noch handgreiflicher als beim Antrieb des ganzen Spielbeines in der Hüfte (S. 548). Die Gleichmäßigkeit des „Wanderschrittes“ eines bestimmten Individuums, seine individuelle Schrittlänge, ist nicht lediglich abhängig von der Körpergröße wie der Pendelschlag von der Länge des Pendels, sondern sie ist das Resultat aus Länge des Beines und aus eingeschulten Muskelantrieben. Beim Beugen des Knies wirken jedesmal die drei langen Beuger (Semitendinosus, Semimembranosus, langer Bizepskopf); sie heben gerade um so viel, daß das verlängerte Spielbein mit der Fußspitze über den Boden hinweg kann. Es greift dann mit gestrecktem Knie nach vorwärts aus und bestimmt damit die Schrittlänge.



Das Knie beim schnellen Gehen und Laufen

Das Standbein ist beim ruhigen Gehen nur in den mittleren Phasen völlig gestreckt (Abb. 289a). Es trägt in diesen den Körper im labilen Gleichgewicht. Vorher und nachher muß die Muskulatur, vor allem der Quadrizeps, verhindern, daß das Knie unter der Körperlast einsinkt und der Körper stürzt. Indem das Spielbein zum Standbein wird, wird die Körperlast von dem Bein der einen Körperseite, das bis dahin Standbein war, auf das der anderen Körperseite hinübergeschoben. Je schneller der Gang ist, um so schneller vollzieht sich der Übergang. Gewöhnlich verläßt das eine Bein erst den Boden, wenn das andere ihn bereits erreicht hat. Beim Laufen sind beide eine Weile gleichzeitig in der Luft. Dann hat das Knie, indem es Standbein wird, die ganze Wucht aufzufangen, mit welcher das Körpergewicht aus der Luft auf es herabfällt. Die Ermüdbarkeit beim schnellen Gehen und Laufen ist deshalb viel größer als beim ruhigen Gehen. Es kommt hinzu, daß das Standbein in einer schrägen Lage zum Boden steht, wenn die Streckung einsetzt (Abb. 290b, c); die Hebelkraft des Fußes beim Abwickeln vom Boden schnellt den Körper beim Lauf gleichsam wie einen Pfeil nach vorn. Je schneller die Fortbewegung ist, um so schiefer steht die motorische Diagonale, in welcher der Antrieb für die Fortbewegung entwickelt wird, zum Erdboden. Je mehr sich aber der Femurkopf des Standbeines dem Erdboden nähert, um so stärker muß das Spielbein im Knie zusammenknicken, um über den Erdboden hinwegzupendeln. Die Femurköpfe bewegen sich in einer leichten Wellenlinie in etwa gleich bleibender Höhe über dem Boden (Abb. 289). Beim schnellen Gehen liegt diese undulierende Horizontale dem Boden am nächsten. Deshalb ist auch das Standbein im Knie gewinkelt: es besteht keine Phase mehr, in welcher die Körperlast von dem im Lot gestreckten Bein passiv getragen werden kann. Beim Laufen werden beide Knie vorübergehend stark gebeugt.

Die Mitbewegungen der Arme beim Laufen (Abb. 290c) fördern die Vorwärtsbewegung, da sie den Schwerpunkt des Körpers nach vorn verlegen helfen; sie unterstützen das Gleichgewicht bei dem schnellen Wechsel von Stand- und Spielbein.

Knie des Kunstbeines, Schlotterknie

Beim Kunstbein wird ungern auf die Knickung des Knies verzichtet, obgleich auch bei steifem Bein zu gehen möglich ist, wenn man das Becken auf der Seite des Spielbeines stark hebt und das Bein in der Hüfte einen Bogen nach auswärts wie beim Beinkreisen beschreiben läßt. Die Ermüdung bei diesen Bewegungen ist aber sehr groß. Für die Mechanik des Spielbeines beim natürlichen Gang ist sehr lehrreich, daß die Feststellung des Knies beim Kunstbein in dem Augenblick aufgehoben und das Bein durch eine Feder im Knie gebeugt wird, in welchem es am weitesten nach hinten gerichtet ist. Beim nach vorn pendelnden Bein schnappt dann wieder die Feststellvorrichtung des Knies ein, ehe es den Boden erreicht und zum Standbein wird. Anders als beim Spielbein liegt bei allen Korrekturen die Sache beim Standbein. Beim pathologischen Schlotterknie verzichtet der Chirurg oft absichtlich auf jede Beweglichkeit, weil ein versteiftes Glied wenigstens als Standbein brauchbar ist. In dieser Phase des Ganges muß eine in sich unverschiebliche Säule vorhanden sein, um beim Gehen die Körperlast zu tragen. Das ist die Grundvoraussetzung, ohne welche ein als Spielbein noch so schön korrigiertes Glied oder Kunstbein wertlos wäre.

Kreiseln im Knie nur durch Beuger

Da wir den Unterschenkel nur bei gebeugtem Knie kreiseln können, so sind nur die Beugemuskeln gleichzeitig Rotatoren des Unterschenkels. Der Popliteus ist ein fast reiner Einwärtsroller, da er nur eine geringe beugende oder streckende Komponente hat, je nach der Stellung des Knies. Außer ihm sind der Semimembranosus, Semitendinosus, Grazilis und Sartorius Einwärtsroller. Als Auswärtsroller steht ihnen der Biceps femoris gegenüber. Doch können bei festgestelltem Fuß auch einige Wadenmuskeln im Knie rotieren. Ist das Terrain uneben, besonders beim Klettern auf steinigem Boden, so findet die vortastende Fußspitze durch Kombination von Kniebeuge, Rollung im Unterschenkel und Drehung im Fußgelenk richtigen Kontakt mit dem Boden; die Sohle kann sich so dem Terrain anschmiegen, daß sie genügend breit das Standbein stützt. Rollung des Unterschenkels bedeutet für den Fuß wegen der Winkelstellung, die er gewöhnlich zum Bein hat, das gleiche wie Ab- oder Adduktion im Fußgelenk. Die beiden Arten von Bewegung werden bei gebeugtem Knie zur gegenseitigen Steigerung oder vikariierend füreinander benutzt. Bei gestrecktem Knie scheidet die Rollung des Unterschenkels im Kniegelenk unweigerlich aus. Das ist der einfachste Kunstgriff, sie beim Lebenden auszuschalten, um die Fußbewegungen von den Kniebewegungen zu isolieren.

Rotationen des Fußes um die eigene Längsachse (Pro- und Supination) sind nur im Fußgelenk, nie im Kniegelenk oder sonst im Unterschenkel möglich, außer wenn die Fußspitze so weit abwärts gedrückt werden kann, daß die Fußachse in die Richtung des Unterschenkels zu liegen kommt. Man kann sich nicht eindringlich genug klar machen, daß Pro- und Supinationen der Hand gerade nicht im Handgelenk, sondern nur im Unterarm ausgeführt werden, daß die äußerlich entsprechenden Bewegungen des Fußes aber gerade im Fußgelenk zustande kommen (siehe dieses).

Die Beugemuskeln greifen mit ihren Insertionen am Unterschenkel so sehr über die Gelenkspalte hinab, daß sich bei Beugung und Rotation im Knie auch der Querschnitt des Oberschenkels verändert (Abb. 277). Denn sie hebeln sich von ihrer Unterlage ab, je mehr das Knie gebeugt wird.

5. Allgemeines über den Unterschenkel und Fuß.

Hand und Fuß sind von sehr ähnlichen historischen Anlagen abzuleiten; aber die Stützfunktion des Fußes hat beim Menschen, welcher allein (außer den hier nicht in Betracht kommenden Vögeln) dauernd aufrecht zu gehen vermag, solche Besonderheiten gegenüber der Hand gezeitigt, daß der menschliche Fuß nächst dem Gehirn das hervorstechendste Merkmal unserer spezifischen Organisation geworden ist. Greifen und Stützen sind bei keinem Säugetier außer beim Menschen so spezialistisch auf Hand und Fuß verteilt; der anthropomorphe Affe mit zeitweilig aufrechtem Gang hat immer noch einen „Greiffuß" und eine „Stützhand", d. h. jede Extremität hat beide Funktionen, wenn auch in verschiedenem Grade. Der aufrechte Gang hat die Förderung der einen mit Unterdrückung der anderen bezahlt: so ist der Fuß zum reinen Stützorgan, die Hand zum reinen Greiforgan im Stehen und Gehen geworden. Es ist nötig, die Mittel, durch welche das geschah, scharf ins Auge zu fassen, weil in ihnen die Anatomie des menschlichen Fußes als gegenwärtiges Schlußresultat dieser ungeheuren Umwälzung verankert ist und weil alle essentiellen Einzelheiten dieses Teiles des Bewegungsapparates danach orientiert sind. Das System: Unterschenkel + Fuß ist biologisch so scharf abgegrenzt, daß wir es hier im Zusammenhang behandeln. Der Fuß als reines Stützorgan

Wir betonen dadurch, wie sehr es von den betreffenden Abschnitten der oberen Extremität verschieden ist; bei jener wurde eine andere Anordnung des Stoffes gewählt (Ellenbogen- und Handgelenk nicht getrennt, sondern gerade zusammengestellt, S. 377).

Hand und Fuß stimmen darin überein, daß relativ wenig Muskelfleisch in ihnen selbst liegt (kurze Hand- und Fußmuskeln), daß dafür Sehnen von außerhalb liegenden gewaltigen Muskelmassen die Hand- und Fußwurzel in einer Fülle wie nirgends sonst am Körper überbrücken und wie Transmissionsriemen von weit her die Endabschnitte der Glieder in Bewegung setzen (lange Muskeln am Unterarm und am Unterschenkel). Darin sind beide den gleichen Weg gegangen. Solange der Fuß Greiffuß war, war die Befreiung von schweren Muskelmassen besonders wichtig wie jetzt noch bei der Hand. Sie ist mit in die menschliche Organisation herübergenommen. Dagegen hat die proximale Ausdehnung dieser Muskelmaschinen beim Bein eine wesentlich andere Grenze als am Arm. Die langen Hand- und Fingermuskeln sind, wie wir gesehen haben, größtenteils am Humerus befestigt; sie überspringen also außer dem Handgelenk (und den weiter distal gelegenen Fingergelenken) auch das Ellenbogengelenk. Die langen Fuß- und Zehenmuskeln bleiben aber größtenteils auf den Unterschenkel beschränkt; nur zwei Muskeln, der Gastroknemius und der Plantaris (Tabelle S. 592), greifen auf den Oberschenkel über, ohne aber mit den Oberschenkelmuskeln, welche das Kniegelenk überspringen, an Bedeutung für dieses Gelenk konkurrieren zu können. Das Ellenbogen- und Handgelenk stehen deshalb in einer viel engeren Abhängigkeit voneinander als das Knie- und Fußgelenk. Was schon in der Gemeinsamkeit von zahlreichen Muskeln für Ellenbogen und Hand zutage liegt, das tritt bei den Gelenken selbst in organischer Wechselwirkung besonders deutlich hervor. Der passive Apparat ist durch die eigenartige Überkreuzung von Radius und Ulna bei der ursprünglichen Pronationsstellung der Hand das Instrument gewesen, mit welchem jene Muskulatur bald die Beweglichkeit des Ellenbogens, bald diejenige der Hand zu vermehren lernte.



Begriff der Pro- und Supination des Fußes

Die zwei Freiheitsgrade des Handgelenkes werden durch die Pro- und Supination um einen dritten Grad erweitert, so daß die Hand als Ganzes alle Freiheiten eines Kugelgelenkes genießt. Was dort die Pro- und Supination im Unterarm an Bewegungsmöglichkeit für die Hand leistet, das ist in einem gewissen Grad auch im Fuß möglich, nur mit ganz anderen Mitteln. Bezeichnenderweise ist der gangbare wissenschaftliche Sprachgebrauch davon ausgegangen, daß wir die Großzehe vom Fußboden nach oben heben und um die Längsachse des Fußes herumbewegen können, wie wir dies mit dem Daumen tun, wenn wir den Handteller analog der auf dem Boden ruhenden Fußsohle auf eine flache Unterlage legen. Bei der Hand nennt man diese Bewegung Supination. Beim Fuß heißt sie ebenfalls „Supination"; die entgegengesetzte Bewegung, bei welcher die Kleinzehe und der äußere Fußrand gehoben werden, heißt „Pronation". Am Arm wie am Bein sind in beiden Fällen die langen Muskeln ausschließlich oder vornehmlich die ausführenden Motoren. Der Laie kann leicht zu dem Glauben verführt werden, die Hand könne sich selbst um ihre Längsachse drehen, während der Kundige weiß, daß das Handgelenk beim Lebenden niemals zu einer reinen Rotation benutzt wird; diese findet ausschließlich im Arm statt. Pro- und Supination des Fußes sind dagegen ausschließlich im Fuß selbst lokalisiert.

Man überzeuge sich am eigenen Fuß. Wir können wohl die Fußspitze heben und senken, ohne die Fußränder gegeneinander zu heben oder zu senken. Diese einfache Scharnierbewegung ist aber auch die einzige, welche im Fuß ohne Rotation möglich ist. Sowie wir die Fußspitze in anderer Richtung als in reiner Hebung und Senkung bewegen — und wir können sie auf einer Kugelfläche herumführen, wie wenn der Fuß mit einem Kugelgelenk am Unterschenkel befestigt wäre —, so treten zwangsläufige Mitbewegungen der Fußränder hinzu (Pro- und Supination des Fußes). Freilich muß man, um sich nicht zu täuschen, die Knöchel fixieren. Denn entgegengesetzte Bewegungen im Knie- oder Hüftgelenk können die Drehungen des Fußes um seine Längsachse verdecken; am Fuß selbst sind sie unausbleiblich.

Der Mangel intimerer Beziehungen zwischen Knie und Fuß begünstigt das Standbein

Diese Feststellungen genügen vorläufig, um einzusehen, daß das innere Getriebe für die Hand bei voller Freiheit ihrer Beweglichkeit weit am Arm hinaufgreift und das Ellenbogengelenk noch mit umfaßt, daß dagegen der Fuß alle Freiheit in sich hat; es braucht kein Übergreifen der Bewegungen über die Fußwurzel hinaus proximalwärts stattzufinden, um dem Fuß eine der ihm überhaupt möglichen Stellungen zu geben. Wir können wohl durch Bewegungen des Beines den Fuß mitbewegen und dadurch reine Fußbewegungen steigern oder ersetzen; aber es kommt dadurch nicht so essentiell Neues hinzu wie bei der Hand etwa durch die Pro- und Supinationen im Unterarm. Der Unterschenkel konnte auf diesem Wege in die Säule des Beines als festes Bauelement hineingepaßt werden. Das wird sich am Unterschenkel selbst noch im einzelnen zeigen, da die beiden parallelen Knochen, aus denen er besteht, nicht nur keiner Überkreuzung fähig sind (wovon beim Arm die ganze Entwicklung des Systems seinen Ausgang nahm), sondern dahin spezialisiert wurden, daß nur einer, das Schienbein, Stützorgan ist und mit dem Femur zusammen zur starren Tragsäule für den Körper vereinigt wird, wenn das Bein sich im Kniegelenk streckt (Standbein).

6. Das Skelett des Unterschenkels.

Allgemeines über Tibia und Fibula

Von den beiden Unterschenkelknochen, Ossa cruris, ist nur das Schienbein, Tibia (griech. κνήμη), am Kniegelenk beteiligt; der Anteil an jenem Gelenk ist früher beschrieben worden. Das Wadenbein, Fibula (griech. περόνη), ist mit dem oberen Ende lediglich am Schienbein befestigt (S. 578). Die distalen Enden beider Knochen formen zusammen eine Gabel (Abb. 292), welche den obersten der Fußwurzelknochen, das Sprungbein, Talus, umfaßt. Hier sind beide Knochen beteiligt: Talokruralgelenk, oberes Sprunggelenk.

Äußerlich ist die Gegend bekannt durch das Vorspringen der beiden Enden der Gabel unter der Haut, die Fußknöchel, Malleoli, von denen der eine, Malleolus medialis, dem Schienbein, der andere, Malleolus lateralis, dem Wadenbein angehört. Die Tibia ist so ausschließlich Stützorgan für die Last des Körpers, daß bei Bruch der Tibia die Fibula einknickt, weil sie den Körper allein nicht zu tragen vermag. Sie ist bei vielen Tieren verschwunden bis auf das distale Ende, welches für die Gelenkgabel notwendig bleibt. Aber beim Menschen spielt sie als Ursprungs- und Insertionsstelle für Muskeln und Bänder eine wichtige Rolle. Die Tibia ist weitaus stärker als die Fibula. Sie liegt medial und vorn, die Fibula lateral und hinten (Abb. 268). Letztere ist tief in den Muskeln versteckt (Abb. 293). Der Name „Wadenbein" kennzeichnet dies. Das Schienbein liegt so oberflächlich, daß es mit seiner Innenfläche unmittelbar die Haut berührt. Hier ist der Knochen Stößen von außen sehr stark ausgesetzt. Wie empfindlich das nervenreiche Periost ist, wissen wir alle aus schmerzlicher Erfahrung bei solchen Vorkommnissen.

Es gehört zu den Boxerkniffen, einen starken Mann durch Schlag auf das Schienbein zu überrumpeln. Direkte Gewalten frakturieren in erster Linie die Tibia.

Verstärkungsleisten. Abb. 293, 295

Das Schienbein, Tibia, ist durch Knochenleisten verstärkt, welche wie die Linea aspera des Oberschenkelknochens als Pilaster die Tragkraft des Knochens erhöhen. Die Crista anterior springt am stärksten vor; sie ist meist flach S-förmig gebogen (Abb. 295a). Beim Stehen auf einem Bein sucht die Körperlast die Säule nach vorn durchzubiegen; dem bietet diese Leiste besten Widerstand. Sie läuft an der Grenze zwischen mittlerem und unterem Drittel aus; hier liegt die schwächste Stelle des Knochens, an der er bei Frakturen am ehesten bricht. Die Krista hält dabei wegen der Festigkeit ihres inneren Gefüges stand, so daß ein spitzer Fortsatz am proximalen Knochenstück vorragt (Flötenschnabelfraktur). Er wird zur erheblichen Gefahr für den Verletzten, weil er von innen die Haut zu durchspießen vermag (besonders auf dem Transport eines Verletzten, dessen Bein nicht unverschieblich mit einem festen Verband fixiert wurde). Gewöhnlich ist das Schienbein auf dem Querschnitt dreieckig. An der Spitze des Dreiecks liegt die Crista anterior, lateral die Crista interossea und medial der weniger vorspringende Margo medialis. Die Basis ist nach hinten gerichtet. Diese Leisten festigen die Tibia so, daß der normale Knochen allen Durchbiegungstendenzen des Körpers selbst beim Stehen auf einem Bein und bei starken Belastungen vollkommen gewachsen ist.

Es gibt gelegentlich noch eine vierte Leiste auf der Hinterfläche der Tibia zwischen Musculus tibialis posterior und Musculus flexor digitorum longus (Abb. 293). Der Querschnitt ist dann mehr oder minder deutlich vierseitig. Der vierte Knochenkamm ist wesentlich durch die Ausbildung des Tibialis posterior bedingt. Bei den prähistorischen neolithischen Typen ist er besonders deutlich. Der Querdurchmesser der Tibia tritt relativ zurück, je stärker die Crista anterior und jener hintere Knochenkamm ausladen. Man nennt diese Art „Abplattung" Platyknemie. Im allgemeinen ist die Tibia des jetzt lebenden Europäers euryknem, d. h. der Querschnitt ist gleichseitig prismatisch. Bei grazilen Schienbeinen des rezenten Menschen, besonders bei Frauen, kann der Querschnitt oblong sein, weil der Querdurchmesser wenig ausgebildet ist (falsche Platyknemie). Die Flächen können in mannigfaltiger Weise gehöhlt oder torquiert sein.

Brüche kommen zwar nicht selten, aber bezeichnenderweise fast nur bei Männern im besten Lebensalter vor, d. h. infolge der mit vielen schweren Körperarbeiten verbundenen Gefahren, besonders beim Sturz aus großer Höhe oder bei festgeklemmten Fuß und Einwirkung von stürzender Gewalt auf den Körper.

Sog. „Torsion"

Unter Torsion der Tibia versteht man die Tatsache, daß der größte Querdurchmesser des distalen Tibiaendes gegen den des proximalen Endes einen Winkel bildet. Der Knochen ist in den genannten Richtungen am stärksten gewachsen, nicht wirklich in sich gedreht. Beim Neugeborenen ist der Winkel = 0. Möglicherweise ist die postfötale Änderung der größten Querschnittrichtung eine Folge der

bei Kulturmenschen gewohnheitsmäßigen und für die sichere Unterstützung des Körpers zweckmäßigen Auswärtsdrehung der Fußspitzen (sog. militärische Stellung). Die Abweichung ist gleichsinnig mit der gewöhnlichen „Torsion“ des Femur, d. h. das distale Ende der Tibia ist gegenüber dem proximalen nach **auswärts** gerichtet. Der Grad schwankt individuell beträchtlich (bis zu 48 Grad), doch erreicht er nicht die Gesamtschwankung des Femur (67 Grad). Je nach dem Grad der Tibiatorsion ist die Fußspitze um 5—20 Grad gegen die Medianebene auswärts gedreht, wenn die Querachse des oberen Tibiaendes frontal steht. Bei Menschenaffen ist die Drehung entgegengesetzt der beim Menschen (negativ). Deshalb dient die Torsion im positiven Sinne als eines der unterscheidenden Merkmale für die Knochen der Hominiden. Die Neandertalrasse hatte sie in ausgeprägtem Maße. Sie ist der Grund dafür, daß der äußere Knöchel weiter hinten als der innere steht (Abb. 268).

Lage der Hauptachse (Traglinie)

Die Tibia steht so zum ganzen Körper, daß ihr Schaft, **Corpus tibiae**, mit der Längsachse in die gradlinige Verbindung der Mittelpunkte des Hüft-, Knie- und Sprunggelenkes fällt (Abb. 268). Man nennt diese Linie die **Hauptachse** (**Traglinie**). Die Schaftachse des Femur weicht von ihr um 5—7 Grad ab; darin sind besondere Vorteile für die Wirkung der Hüftmuskulatur und für die Äquilibrierung des Beckens begründet (S. 493).

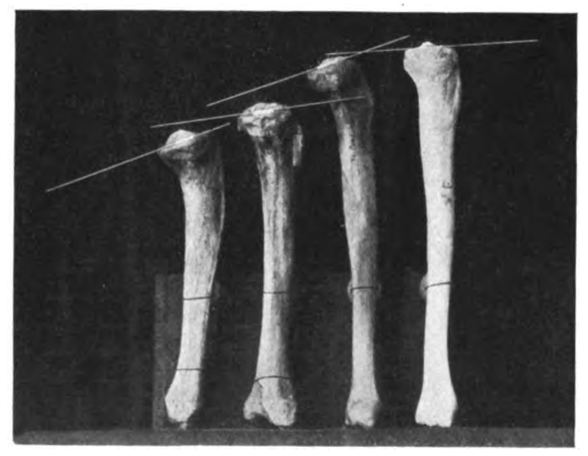


Abb. 291. **Retroflexion der Tibia.** Von links nach rechts: Gorilla, Homo primigenius (Spy I), Indianer aus Paraguay, Europäer.

Vergleicht man die Richtung der Bein- und Armknochen miteinander (Abb. 268, 149a), so ist deutlich, daß in beiden Fällen eine gewisse X-Stellung der Knochen normal ist (Valgusstellung). Bei senkrecht herabhängendem Arm weichen die **Unterarmknochen** von dem im Lot hängenden Oberarm lateralwärts ab, beim senkrecht stehenden Bein ladet der Schaft des **Oberschenkelknochens** lateralwärts gegen die Unterschenkelknochen aus. Das beruht auf den ganz verschiedenen inneren Konstruktionstypen. Beim Arm ist die Diagonalachse des Unterarmes für die Pro- und Supinationen wichtig; indem ihre Verlängerung durch den Drehpunkt des Oberarmes im Schultergelenk führt, verstärken und ersetzen Rotationen des ganzen gestreckten Armes die distalen Drehbewegungen (sog. Hyperpronation und Hypersupination). Die Lage der Achse erhöht die **Beweglichkeit** der Hand (Motilität). Beim Bein dagegen ist die **Festigkeit** (Stabilität) besonders groß, weil das Schienbein seiner Längsrichtung nach bei aufrechter Körperstellung genau in die Traglinie fällt; denn der Oberkörper ruht allein auf den Femurköpfen und kann also seinem Gesamtgewicht nach im obersten Punkt der Traglinien konzentriert gedacht werden.

Der Tibiofemoralwinkel (Abduktionswinkel) darf 174 Grad nicht wesentlich nach der einen oder anderen Richtung verlassen; sonst entsteht das pathologische X- oder O-Bein (Genu valgum, Genu varum).

Eine Rückwärtsbiegung des proximalen Tibiaendes mit nach hinten abschüssigen Gelenkflächen für das Femur (Retroflexion und Retroversion, Abb. 291) ist für Menschenaffen charakteristisch und beim menschlichen Fötus konstant, verschwindet aber in den ersten Monaten nach der Geburt. Es ist eine Voraussetzung für die leichte Äquilibrierung des aufrechten Körpers auf den Unterschenkeln, daß das Schienbein gerade gestreckt ist; eine Krümmung in der Sagittalebene würde eine dauernde Muskelarbeit erfordern, um den Oberkörper und die Körperlast im Gleichgewicht zu erhalten. Schräg stehende Gelenkflächen machen das aufrechte Stehen nicht unmöglich (z. B. Patagonier), aber quer zur Hauptachse ausgerichtete Stützflächen erleichtern es (Europäer). Beim Fötus ist die Retroflexion der Tibia mitbedingt durch die Zusammenkauerung im Mutterleib. Sie kann rassenmäßig durch besondere Lebensweise weitergebildet sein, z. B. bei Hockern. Es treten dann zu der Retroflexion bestimmte Abänderungen der proximalen Gelenkflächen und besondere distale Schliffflächen gegen den Talus hinzu: „orientalischer" Typus von Tibia und Talus. **Retroflexion und Retroversion, relative Länge**

Die Länge des Schienbeines steht nicht in so enger Korrelation zur Gesamthöhe des Individuums wie die des Femur (S. 550). Die untere Extremität streckt sich während der kindlichen Wachstumperiode mehr als die obere. Der Oberschenkel speziell wächst stärker als der Oberarm, dagegen wird der Unterarm im Verhältnis zum Oberarm größer als der Unterschenkel im Verhältnis zum Oberschenkel.

Für die Bezeichnungen der Tibia sei hier zusammengestellt, was in den betreffenden Abschnitten auf Grund der Korrelation zu den Muskeln, Bändern, Gelenken bereits synthetisch beschrieben ist oder noch zu beschreiben ist. Am **proximalen** Ende unterscheiden wir den Condylus medialis und lateralis, die Eminentia intercondyloidea mit einem Tuberculum intercondyloideum mediale und laterale, ferner die Fossa intercondyloidea anterior und posterior (Abb. 295). Siehe über diese Höcker und Grübchen die Beschreibung des Kniegelenkes. Der Margo infraglenoidalis zieht besonders vorn parallel dem Rande des Knochens. Die Facies articularis fibularis liegt außen und hinten. Das **Mittelstück** der Tibia, Corpus tibiae, hat vorn die Crista anterior, welche oben in die Tuberositas tibiae ausläuft, medial den Margo medialis, lateral die Crista interossea (Abb. 293). Die Flächen heißen Facies medialis, lateralis und posterior. Auf der Hinterfläche (Abb. 295b) liegt die Linea poplitea für den gleichnamigen Muskel und dicht darunter das Foramen nutricium. Der hier beginnende Kanal verläuft schief von oben außen nach unten innen, also in umgekehrter Richtung wie am Femur, aber gleichsinnig mit dem Canalis nutricius des Humerus. In der Nähe der beiden Epiphysenlinien dringen metaphysäre Gefäße in den Schaft ein (S. 307). Das **distale** Ende des Knochens ist vierseitig. Der Malleolus medialis hat eine Facies articularis malleolaris, welche mit der Facies articularis inferior der Tibia die Hohlrolle für den Talus bilden hilft. Eine Incisura fibularis an der Außenseite der Tibia nimmt die Fibula auf. Hinter dem inneren Knöchel liegt der Sulcus malleolaris (für die Sehnen des M. tibialis posterior und M. flexor digitorum longus). **Details der Tibia, Abb. 293, 295**

Die Ossifikation der Diaphyse setzt einige Tage später als die des Femur ein (7.—8. Woche). Die obere Epiphyse hat für beide Kondylen zusammen einen Kern, der meistens erst nach der Geburt erscheint (1.—2. Lebensmonat); Knochenkern der distalen Epiphyse zu Anfang des 2. Jahres. Verschmelzung distal im 17., proximal im 19. Lebensjahr. Die Tuberositas tibiae entsteht im 11.—13. Lebensjahr von der proximalen Epiphyse aus, schiebt sich von da abwärts und ist durch eine sehr wechselnd geformte Grenzlinie vom Schaft geschieden. Verwechslungen mit einem künstlichen Riß bei Jugendlichen durch Zug des Quadrizeps können bei Röntgenuntersuchung unterlaufen. **Ossifikation**

Das Wadenbein, Fibula, ist so lang wie die Tibia, aber so gegen sie verschoben, daß das obere Ende, Capitulum fibulae, um so viel tiefer steht gegenüber der oberen Gelenkfläche der Tibia, wie das untere Ende, Malleolus lateralis, gegenüber dem Malleolus medialis tibiae (Abb. 268). Man kann die beiden Knöchel gut sehen und fühlen. Der äußere springt weniger vor als der innere. Seine Spitze liegt je 1,25 cm unterhalb und hinter der Spitze des letzteren. Dadurch kommt die distale Epiphysenfuge des Wadenbeines jugendlicher Individuen in das gleiche Niveau wie die Endfläche der Tibia zu liegen **Allgemeine Form und Lage**

(Abb. 292); die Gabel, mit welcher beide Unterschenkelknochen die **Fußwurzel**, speziell den Talus, umfassen, hat eine längere äußere als innere Zinke. Der **Talus**, welcher den Schlußstein des Fußgewölbes bildet, ist, wie wir noch sehen werden, am ehesten geneigt, nach innen auszuweichen, da er nach dieser Richtung von unten her am wenigsten unterstützt ist. Indem sich die Unterschenkelgabel mit der lateralen längeren Zinke an ihn anpreßt, führt sie den Talus so, daß seine Neigung, medialwärts abzugleiten, gebremst ist. Allerdings besteht darin eine gewisse Gefahr für die Fibula, wie sich bei den so häufigen Knöchelbrüchen zeigt (sog. Verstauchungen des Fußes).

Da die Gabel zwischen den beiden Unterschenkelknochen durch starke Bänder zusammengehalten wird, so wirkt ein Druck des Talus auf den Malleolus lateralis wie auf einen zweiarmigen Hebel. Der obere längere Hebelarm ist das Mittelstück der Fibula. Bei starken Stößen auf den Talus, welche das Gelenk zu sprengen drohen (Umklinken des Fußes nach außen, Pes valgus), liegt die Hauptspannung 5—7,5 cm oberhalb des Knöchels. Reißen die Bänder, so kann das Wadenbein ausweichen. Gewöhnlich aber halten diese stand, dann knickt der Knochen an der genannten Stelle ein, sobald seine eigene Widerstandskraft und die geringe Verschieblichkeit in dem oberen Tibiofibulargelenk erschöpft sind. Beim Umklinken des Fußes nach innen (Pes varus) kann durch Zerrung ähnliches eintreten, nur seltener. Frakturen der Knöchel verlaufen häufig bei jugendlichen Individuen in die Epiphysenfugen hinein, aber seltener in das Waden- als in das Schienbein. Die starken Bandapparate schützen vor Epiphysenlösungen und kompensieren die besondere Gefährdung der Fibulaepiphyse.

Abb. 292. Tibia, Fibula und Membrana interossea, Frontalschnitt durch den Unterschenkel eines Knaben.

Der Knochen im ganzen ist außerordentlich schlank, aber mit massiver Kortikalis und relativ schmächtiger Spongiosa und engem Markraum versehen. Er ist daher elastisch; er kann in sich geringen Verschiebungen des distalen Endes bei den Bewegungen des Fußes nachgeben. Die Achse der Fibula steht meistens etwas schräg zur Achse der Tibia, weil das obere Ende an dem Nachbarknochen mehr nach hinten angelenkt ist als das untere Ende. Der Querschnitt ist oft dreieckig, aber sehr variabel und ebenso die Kanten, welche die Querschnittsfigur hervorrufen (Abb. 293).

Details der Fibula. Abb. 293, 295

Gewöhnlich zieht im **Mittelstück** der Fibula, Corpus, eine Crista anterior zwischen der Facies medialis und Facies lateralis hin (Abb. 295a). Die Facies posterior ist gegen die Facies medialis durch die Crista medialis begrenzt, gegen die Facies lateralis durch die Crista lateralis, die stumpfeste der drei üblichen Kanten (Abb. 293). Oft kommt noch die sehr variable Crista interossea vor, welche sich innerhalb der Facies medialis erhebt und die Ansatzlinie für die Membrana interossea abgibt. Auch die übrigen Cristae sind Anheftungslinien für bindegewebige Membranen. An der Crista anterior ist das Septum intermusculare anterius angeheftet, an der Crista lateralis das Septum intermusculare posterius, an der Crista medialis das tiefe Blatt der Fascia cruris. Da die Septa wie die Membrana interossea als Ansatzflächen für Muskeln dienen, sind auch die Cristae vom Muskelsystem beeinflußt, auf welches verwiesen sei. Sie laufen etwas spiralig zur Längsachse, was der Richtung der formbestimmenden Muskeln entspricht, und versteifen den dünnen Knochen. Das **proximale** Ende der Fibula ist

annähernd viereckig. Es steht unter der Wirkung des Biceps femoris und Soleus, zweier wichtiger Muskeln, welche speziell für die Aufrichtung des menschlichen Körpers Bedeutung haben. Die Größe und Form des Kapitulum ist für den Menschen geradezu charakteristisch (Abb. 295). Die Spitze heißt Apex capituli, die Gelenkfläche Facies articularis capituli. Sie ist sehr verschieden groß, je nachdem die Fibula höher oder weniger hoch an der Tibia heraufgreift. Das **distale** Ende der Fibula heißt Malleolus lateralis. Es trägt auf der Innenseite die Facies articularis malleoli, welche mit den beiden Gelenkflächen der Tibia die Hohlrolle für den Talus formt. Der Malleolus lateralis artikuliert meistens an einer kleinen Stelle auch mit der Tibia (Abb. 292). Hinter der Gelenkfläche für den Talus liegt auf der Innenseite des Malleolus eine Bandgrube mit rauher Oberfläche für das Ligamentum talofibulare posterius, hinten auf der Außenseite des Malleolus eine glatte Furche für die Sehnen des Musculus peronaeus longus und brevis (Abb. 295 b). Die Crista lateralis begleitet die Sehnen zu dieser Furche, indem sie spiralig nach hinten umbiegt.

Das Foramen nutricium liegt auf der Hinterfläche des Knochens, etwa an der Grenze zwischen oberem und mittlerem Drittel, aber etwas tiefer als das der Tibia. Der Kanal geht von außen oben nach unten innen und erreicht den Markraum wie bei der Tibia etwa in der Mitte des Knochens. Die beiden Unterschenkelknochen wachsen also hauptsächlich in ihrer proximalen Hälfte (Abb. 160).

Die Ossifikation der Fibula setzt später als bei der Tibia ein. Bei der Diaphyse beträgt die Differenz wenige Tage (8. Fötalwoche); der Malleolus lateralis erhält im 2. Lebensjahr, das Kapitulum erst im 4. Lebensjahr seinen Kern, Verschmelzung im 17.—19. Lebensjahr, aber auch der Tibia folgend. **Ossifikation**

Die Membrana interossea steht schräg (Abb. 293). Sie schließt den Raum zwischen Schien- und Wadenbein, Spatium interosseum, mit straffen glänzenden Fasern ab; die vorderen und hinteren Muskeln des Unterschenkels sind durch sie voneinander getrennt. Oben besteht eine große Lücke (Abb. 295), unten eine kleinere als Durchlaß für Gefäße. Nerven gehen nicht durch sie hindurch, sie müssen außen um die Knochen herum (daher existiert außen am Capitulum fibulae ein Druckpunkt für den Nervus peronaeus, Abb. 295a). Die Befestigungslinien der Membran an den beiden Knochen des Unterschenkels ist durch Cristae interosseae ausgezeichnet. **Membrana interossea cruris, Abb. 292, 293, 295**

Ehe die Skelettstäbe des Unterschenkels beim menschlichen Embryo verknorpeln, hängen sie als einheitliches Gewebe zusammen. Diese Gewebsplatte, welche dorsale und ventrale Muskeln scharf scheidet, gliedert sich erst später. Tibia und Fibula entstehen in den Rändern und die Membrana interossea in dem zwischen beiden liegenden Teil der Scheidewand. Eine wirkliche Lücke, Spatium, wie beim mazerierten Skelett ist am vollständigen Skelett in keiner Phase vorhanden. — Die meisten Fasern ziehen schräg von der Tibia abwärts zur Fibula; es schichten sich aber auch entgegengesetzt gerichtete Fasern vorn und hinten auf diese (Abb. 292). Unten und oben hängt die Membran mit den Bändern der Tibiofibulargelenke zusammen (s. diese). Sie hemmt die Verschiebungen der Fibula gegen die Tibia, besonders in der Längsrichtung, und dient den Muskeln zu beiden Seiten als Ursprungsfläche. — Durch die obere Lücke der Membrana interossea gehen die Vasa tibialia anteriora, außerdem Fett, durch die untere die feine Arteria perforans aus der Arteria peronaea (manchmal ist sie stark und ersetzt die Arteria dorsalis pedis).

7. Die langen Muskeln des Unterschenkels und Fußes als aktive Bewegungsfaktoren.

a) Bewegungsrichtungen des Fußes (Nomenklatur), Fußknochen (Übersicht) und genetische Gruppierung der Muskeln (Tabelle).

Sämtliche Muskeln, welche am Unterschenkel entspringen, inserieren am Fuß. Zum Teil gehen sie zu den Fußwurzel- und Mittelfußknochen, Tarsalia, Metatarsalia, zum Teil zu den Zehenknochen, Phalanges. Dem Gesamtgewicht nach sind bei einem kräftigen Individuum für die ersteren 1118 g ermittelt worden (oder 323 g, wenn man die ganz einseitig spezialisierten und für die verschiedenartigen Fußbewegungen weniger wichtigen Wadenmuskeln **„Zehen"-muskeln sind Motoren des ganzen Fußes**

abzieht), für die Zehenmuskeln bei demselben Individuum zusammen 257 g. Diese letzte Zahl kommt dem kleineren der beiden erstgenannten Gewichte so nahe, daß schon daraus erkannt werden kann, wie wenig die Rolle der Zehenmuskeln sich in der kümmerlichen Bewegung der Zehen selbst erschöpft. Sie sind ebenso wichtige Muskeln für die Bewegung des ganzen Fußes wie die an der Fußwurzel und am Mittelfuß inserierenden Individuen. Deshalb ist es nötig, für alle Muskeln des Unterschenkels zu bestimmen, welche Bewegungen des Fußes durch sie ausgelöst werden können.

Nur der Musculus popliteus macht eine Ausnahme; er ist am Unterschenkel nur insertiv befestigt und deshalb den Oberschenkelmuskeln eingereiht worden (S. 560). Natürlich kann auch er indirekt durch Fernwirkung die Stellung des Fußes beeinflussen (S. 71). Aber hier kommt es zunächst auf die direkte Tätigkeit derjenigen Muskeln an, welche unmittelbar über die Fußgelenke hinweg ziehen.

Flexion und Abduktion des Fußes

Die Bezeichnung der Bewegungen des Fußes bedarf einer Verständigung, da sehr verschiedene Ausdrucksweisen üblich sind. Wie bei der Hand nennen wir sämtliche Bewegungen, bei welchen die Flächen des Fußes vorangehen: Flexionen; wir unterscheiden Dorsal- und Plantarflexion, je nachdem der Fußrücken oder die Fußsohle vorangeht. Die Bewegungen, bei welchen die Ränder des Fußes vorangehen, heißen wie bei der Hand Abduktionen, und zwar kann man sie je nach der Richtung tibiale und fibulare Abduktion nennen. Statt tibialer Abduktion wird man kürzer: Adduktion, statt fibularer Abduktion schlechthin: Abduktion sagen, weil beim Fuß keine Verwechslung über die Richtung auf den Körper hin oder von ihm weg möglich ist wie bei der Hand.

Der Fuß steht in der Normalstellung rechtwinklig zum Unterschenkel; es wäre deshalb an sich am richtigsten, das Senken der Fußspitze bis in die Richtung des Unterschenkels Extension des Fußes und die Hebung in entgegengesetzter Richtung Flexion zu benennen. Aber ihrer Herkunft nach sind die Muskeln auf der Vorderseite des Unterschenkels, welche in diesem Sinne „flektieren", dorsale Muskeln der Extremität und als solche heißen sie Extensoren. Die Muskeln auf der Hinterseite des Unterschenkels heißen Flexoren. Sie würden im oben bezeichneten Sinne „extendieren". Daraus leiten sich viele Irrtümer her, welche bei dieser vielfach üblichen Nomenklatur unvermeidlich und namentlich für den Anfänger verwirrend sind. Ich spreche deshalb nur von Dorsal- und Plantarflexion.

Pro- und Supination des Fußes

Wird der Fuß um seine Längsachse gekreiselt, so nennen wir dies Pro- und Supination, obgleich diese Bewegungen ganz verschieden lokalisiert sind von denen der Hand (S. 584).

Geht man von den Muskeln aus, so kann man sich mnemotechnisch den Unterschied zwischen Pro- und Supination daran merken, daß die Peronaei Pronatoren sind; diese Muskeln liegen außen am Unterschenkel und heben den äußeren Fußrand. Über den Vergleich der Großzeh- und Daumenbewegung s. S. 584.

Mischbewegungen

Mischbewegungen erfolgen nicht wie die reinen Bewegungen um eine der drei Hauptachsen des Fußes, nämlich um seine Längsachse (Pro-Supination), um seine Querachse (Dorsal-Plantarflexion) oder um seine senkrechte Sagittalachse (Ab-Adduktion), sondern die Mischbewegungen sind Kombinationen folgender Art: 1. Pronation+Abduktion+Dorsalflexion; 2. Supination+Adduktion+Plantarflexion (Abb. 306). Diese beiden Kombinationen sind zwangsläufig aneinander gekettet. Der Kürze halber braucht man für sie gewöhnlich nur einen der drei Namen, und zwar für Nr. 1 Pronation (auch Abduktion) und für Nr. 2 Supination (auch Adduktion); die aus dem Englischen übernommenen Bezeichnungen Eversion (1) und Inversion (2) sind dem Wortsinn nach gleichbedeutend mit Pro- und Supination und deshalb überflüssig. Deutsche Ausdrücke sind: „Auswärtskanten" für Pronation, „Einwärtskanten" für Supination des Fußes (als Provinzialismus auch „Umklinken" nach außen und innen). Reine Bewegungen um eine der drei Hauptachsen können statt der Mischbewegungen eintreten, wenn die Bewegung nicht allein im Fuß lokalisiert ist, sondern wenn der Fuß im ganzen sich mit bewegt.

Vorfuß und Hacke

Der Fuß ist ein zweiarmiger Hebel mit einem langen vorderen Arm, dem Vorfuß, und einem kurzen hinteren Arm, der Hacke (Abb. 301). Eine

Dorsalflexion des Vorfußes ist von einer Plantarflexion der Hacke begleitet und umgekehrt. Der Drehpunkt liegt dabei in der Gabel der Unterschenkelknochen. Auch Ab- und Adduktionen sind im allgemeinen in beiden Hebelarmen entgegengesetzt gerichtet, nur Pro- und Supinationen verlaufen stets in der gleichen Richtung. Da die Hacke viel weniger ausgiebig bewegt wird und da die Bewegung des längeren Hebelarmes viel bemerkbarer ist, so ist es üblich, die Bewegungen des Fußes im ganzen nach der Richtung des Vorfußes zu bezeichnen. Spricht man z. B. von Abduktion des Fußes schlechthin, so meint man den Vorfuß und setzt, falls nicht das Gegenteil ausdrücklich bemerkt wird, stillschweigend voraus, daß die Hacke nicht abduziert, sondern adduziert wird.

Wäre der Fuß eine in sich starre Säule, so müßten mit Notwendigkeit Ab- und Adduktionen sowie Dorsal- und Plantarflexionen von Vorfuß und Hacke gegensätzlich verlaufen. In Wirklichkeit kommen aber so starke Verschiebungen der Bauelemente des Fußgewölbes in sich vor, daß in gewissen Fällen auch bei Abduktion des Vorfußes eine Abduktion der Hacke eintreten kann usw.

Fußknochen (Übersicht)

Um die Befestigungen der langen Fußmuskeln am Fußskelett und ihre Wirkungen zu verstehen, muß man sich die einzelnen Bauelemente des Skeletts gegenwärtig halten. Wir unterscheiden Fußwurzelknochen, Tarsalia, Mittelfußknochen, Metatarsalia und Zehenknochen, Phalanges (S. 296). Durch die Belastung des Fußgewölbes im aufrechten Stehen sind die Knochen in der hinteren Hälfte des menschlichen Fußes ganz besonders kräftig und groß. Es gibt 7 Tarsalia: das Fersenbein, Calcaneus, das Sprungbein, Talus, das Kahnbein, Naviculare tarsi, das Würfelbein, Cuboideum und die 3 Keilbeine des Fußes, Cuneiformia (Abb. 311a, b). Mit dem Unterschenkel ist allein das Sprungbein verbunden. Es ist mit einer Gelenkrolle, Trochlea tali, in die Gabel der Unterschenkelknochen eingepaßt. Nach dem Navikulare zu trägt es einen Gelenkkopf auf derbem Stiel: Caput und Collum tali. Das Sprungbein ruht auf dem Fersenbein. Letzteres stützt sich mit dem Fersenhöcker, Tuber calcanei, auf den Boden (Abb. 301. 304); es unterstützt den Talus mit einer besonderen Ausladung seiner medialen Seite, dem Sustentaculum tali (Abb. 298×, 295b). Da der Talus nicht senkrecht über dem Kalkaneus, sondern über dem medialen Rand dieses Knochens liegt, so ist der Vorsprung besonders notwendig; der Talus ruht auf dem Sustentakulum wie auf einer Konsole. Die übrigen Tarsalia sind nicht so vergrößert wie die beiden genannten. Das Navikulare und Kuneiforme I. sind mediale Randknochen, das Kuboideum ist neben dem Kalkaneus der einzige laterale Randknochen der Fußwurzel. Das Kuneiforme II. und III. sind die einzigen Fußwurzelknochen, welche nicht randständig sind.

Es gibt 5 Metatarsalia und 5 Zehen, Digiti. Die Großzehe, Hallux, ist zweigliedrig wie der Daumen; die übrigen 4 Zehen sind dreigliedrig wie die entsprechenden Finger. Man nennt die Knochen wie dort Phalanx prima, secunda, tertia.

Den 5 Metatarsalia entsprechen ursprünglich 5 distale Tarsalia; von diesen sind die 3 medialen als Cuneiformia beim menschlichen Fuß noch je in Beziehung mit dem betreffenden Metatarsale (Abb. 311a). Statt der beiden lateralen ist das Kuboideum vorhanden, welches 2 Metatarsalia (4. und 5.) trägt (vgl. Abb. 158b).

Die Details der Fußknochen werden sich aus den Beziehungen zu den Muskeln und Gelenken ergeben. Man vergleiche vorläufig die Abbildungen (Zusammenstellung S. 644).

Gruppen u. Schichten der langen Fußmuskeln

Die ursprüngliche Scheidung der gesamten Muskulatur in dorsale und ventrale Muskeln ist beim Unterschenkel rein erhalten in den beiden Hauptgruppen, welche durch die Unterschenkelknochen und die Membrana inter-

Lange Fußmuskeln (inkl. Wadenmuskeln).

(Insertionen am Fußskelett).

o = Ursprung (origo); i = Insertion (insertio).

A. Vordere Muskeln des Unterschenkels (dorsale Muskeln).

1. M. tibialis anterior (S. 594).
   o: Condylus lateralis und Facies lateralis tibiae (proximale zwei Drittel), Fascia cruris, Membrana interossea (bis zum distalen Drittel).
   i: Kuneiforme I, Metatarsale I.
2. M. extensor digitorum longus (und M. peronaeus tertius) (S. 597).
   o: Condylus lateralis tibiae, Capitulum et Crista anterior fibulae bis zum distalen Viertel, Fascia cruris, oberes Viertel der Membrana interossea, Septum intermusculare anterius.
   i: Dorsalaponeurosen der 2.—5. Zehe. Dorsalflächen der Metatarsalia V. et IV. als M. peronaeus tertius.
3. M. extensor hallucis longus (S. 598).
   o: mittlere beiden Viertel der Facies medialis fibulae, Membrana interossea.
   i: Nagelphalanx der 1. Zehe (Nebensehnen zum Grundgelenk der Großzehe).

B. Laterale Muskeln des Unterschenkels (dorsale Muskeln).

4. M. peronaeus longus (S. 600).
   o: Condylus lateralis tibiae, Kapsel der Articulatio tibiofibularis, Capitulum fibulae proximales Drittel der Crista anterior und proximale zwei Drittel der Crista lateralis der Fibula, Septa intermuscularia (fibularia) anterius et posterius, Fascia cruris.
   i: Tuberositas des Metatarsale I. (II.), Kuneiforme I.
5. M. peronaeus brevis (S. 602).
   o: laterale Fläche des Wadenbeines, etwa mit dem zweiten Drittel seiner Länge beginnend, fortgesetzt auf die hintere Fläche bis in die Nähe des Malleolus lateralis, Septa intermuscularia (fibul.) anterius et posterius.
   i: Tuberositas des Metatarsale V., mittels feiner Sehne zur 5. Zehe.

C. Tiefe Muskeln der Hinterseite des Unterschenkels (ventrale Muskeln).

6. M. tibialis posterior (S. 605).
   o: hintere Fläche der Membrana interossea und angrenzende Ränder der Tibia und der Fibula herab bis zum distalen Viertel, Fascia cruris profunda.
   i: Tuberositas des Os naviculare, Plantarfläche des 1. (2. und 3.) Keilbeines, Basis des Metatarsale IV., Sustentaculum tali.
7. M. flexor hallucis longus (S. 607).
   o: distale zwei Drittel der hinteren Fibulafläche, Membrana interossea, manchmal Sehnenblatt zwischen ihm und Tibialis posterior, Septum intermusculare (fibulare) posterius.
   i: Basis der Endphalanx der 1., 2., 3. (4.) Zehe.
8. M. flexor digitorum longus (S. 609).
   o: hintere Fläche der Tibia, von Linea poplitea fibularwärts bis zur distalen Epiphyse des Wadenbeines, zwischen den beiden Knochen von einer membranösen, den Tibialis posterior bedeckenden Sehnenarkade.
   i: Endphalangen der 2.—5. Zehe als M. perforans.

D. Oberflächliche Muskeln der Hinterseite des Unterschenkels, Wadenmuskeln (ventrale Muskeln).

9. M. soleus (S. 612).
   o: Köpfchen und oberes Drittel der hinteren Fläche des Wadenbeines, mittlere beiden Viertel der Tibia von Linea poplitea tibiae abwärts, Sehnenbogen zwischen Capitulum fibulae und Tibia (Arcus solei).
   i: gemeinsam mit Gastroknemius am Tuber calcanei, Tendo calcaneus (Achillis).
10. M. plantaris (S. 612).
   o: Planum popliteum oberhalb des Condylus lateralis femoris, Kniegelenkkapsel.
   i: Tuber calcanei, medial von der Achillessehne und Bursa tendinis calcanei.
11. M. gastrocnemius (S. 614).
   o: zweiköpfig am Planum popliteum femoris oberhalb der Kondylen, Kapsel des Kniegelenkes.
   i: gemeinsam mit Soleus am Tuber calcanei, Tendo calcaneus (Achillis).

ossea voneinander scharf geschieden sind (rote und blaue Farbentöne für jede Gruppe in Abb. 293). Die dorsale Hauptgruppe liegt infolge der Drehung der unteren Gliedmaße auf der Vorderseite, die ventrale auf der Hinterseite des Unterschenkels (Abb. 152b). Darin herrscht im allgemeinen Übereinstimmung mit dem Oberschenkel (Abb. 277). Doch ist die Hauptmuskelmasse nicht wie dort auf der Vorderseite, sondern auf der Hinterseite entwickelt, wenigstens im oberen Teil des Unterschenkels, der **Wade**. Eine den Adduktoren des Oberschenkels vergleichbare Gruppe fehlt am Unterschenkel. Dafür zerfallen aber die Hauptgruppen in Untergruppen oder Schichten, ähnlich wie die Mus-

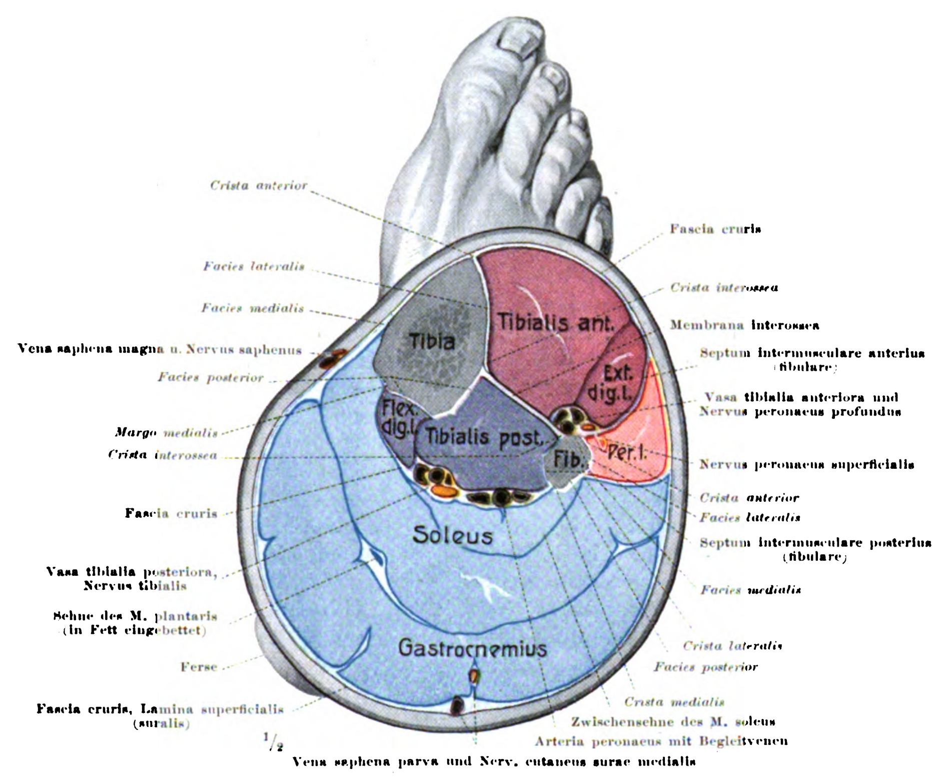


Abb. 293. Querschnitt durch den Unterschenkel, Grenze zwischen oberem und mittlerem Drittel. Schematische Farben wie in Abb. 165 und 277.

keln des Unterarmes (Abb. 165b), jedoch in etwas anderer Gruppierung als dort. Am Unterarm gibt es zwei übereinander geschichtete ventrale Gruppen, ebenso am Unterschenkel. Wir nennen sie die oberflächlichen Muskeln (Wadenmuskeln) und die tiefen Muskeln (hell- und dunkelblau, Abb. 293). Die dorsale Hauptgruppe zerfällt am Unterarm in drei, am Unterschenkel in zwei Untergruppen; sie sind dort übereinander geschichtet, hier liegen sie nebeneinander. Wir nennen sie am Unterschenkel wegen ihrer Lage vordere Muskeln (dunkelrot) und laterale Muskeln (hellrot).

Diese Einteilung ist der beistehenden Tabelle für die langen Fußmuskeln zugrunde gelegt. Die Details über die Ursprünge und Insertionen sind dort zusammengestellt; die Tabelle soll die Einzelbeschreibung der Muskeln im Text ergänzen.

b) Vordere Muskeln des Unterschenkels, Tabelle S. 592, Nr. 1—3.

Die vordere Gruppe (dunkelrot, Abb. 293) besteht aus drei oder vier Muskeln, welche in einer gemeinsamen osteofibrösen Loge vereint sind. Die Loge ist innen begrenzt von der Tibia, in der Tiefe von der Membrana interossea, der Fibula und außen von dem Septum fibulare anterius, welches die Fibula verbreitert (ähnlich wie am Oberarm der Humerus durch Septen verbreitert ist). Oberflächlich ist die Loge durch die Fascia cruris abgeschlossen. Sie öffnet sich nur distalwärts in drei Leitkanäle, welche die Sehnen der Muskeln dieser Gruppe zum Fuß hingelangen lassen.

Musculus tibialis anterior (Tab. Nr. 1), Abb. 293, 294, 295a, 299, 307, 311b, 315

Musculus tibialis anterior. Er hat seinen Namen von der Tibia, deren vorderer Kante er sich anschmiegt (Abb. 293). Die Crista anterior selbst kommt im Oberflächenrelief des Beines nicht zum Ausdruck, sondern der vorquellende Muskelbauch verwischt die Schärfe der Kante, besonders wenn er kontrahiert wird. Der Vorderkontur des Unterschenkels ist deshalb im Profil gewöhnlich etwas nach vorn ausgebuchtet. Das Muskelfleisch schimmert dunkel, der Knochen hell durch die Haut. Vom Condylus lateralis tibiae bis zum inneren Fußrand liegt die ganze Oberfläche des Muskels frei unter der Faszie (Abb. 294). Im oberen Drittel ist der Muskel aponeurotisch, weil seine Fasern hier von der Fascia cruris entspringen. In diesen Teil strahlen Züge der Endsehne des Biceps femoris aus, die teils senkrecht bis zur Mitte des Unterschenkels zu verfolgen sind, teils im Bogen zur Tuberositas tibiae ziehen. Sie unterstützen die Befestigung des Tibialis, wenn der Bizeps kontrahiert ist. Die Sehne des Tibialis kommt zwischen mittlerem und unterem Drittel des Unterschenkels an die Oberfläche; sie springt, wenn der Muskel in Aktion tritt, ganz besonders deutlich vor, weil ihr Fach unter dem Verstärkungsband der Faszie, Ligamentum cruciatum, eine verhältnismäßig dünne vordere Wand hat. Man kann deshalb die Sehne durch die Haut des Fußrückens, wenn sie sich von der Skelettunterlage abhebelt, als einen dicken Strang bis an den Innenrand des Fußes verfolgen. Sie wickelt sich um diesen bis auf die Plantarfläche herum und inseriert ungeteilt oder mit zwei getrennten Sehnenzipfeln am Kuneiforme I. und Metatarsale I. (Abb. 299, 311b), an letzterem immer mit der Hauptmasse (bis zum Verhältnis 10: 1). Diese Stelle ist von den kurzen Halluxmuskeln bedeckt.

Wirkung beim Spielbein

Die Wirkung des Tibialis anterior kann bei beweglichem Fuß (Spielbein) in kräftiger reiner Dorsalflexion des Fußes bestehen, weil die Sehne am Collum tali genau über die Achse verläuft, um welche der Fuß im Fußgelenk pro- und supiniert wird (Abb. 295a, 307, 308). Verschiebt sich die Sehne aber nur ein wenig innerhalb des Faches unter dem Kreuzband, so tritt, je nachdem mehr mediale oder mehr laterale Randpartien des Muskels das Übergewicht gewinnen, zu der Dorsalflexion eine geringe Supination oder Pronation des Fußes. Es bestehen dabei individuelle Verschiedenheiten.

Bei faradischer Reizung des Muskels ist die mit der Supination verbundene Adduktion der Fußspitze nur etwa in der Hälfte der Fälle deutlich zu erzielen. Greifen andere Muskeln ein, so wird die pronatorische oder supinatorische Komponente unterstützt (Peronaei für erstere, Tibialis posterior und Triceps surae für letztere, Abb. 295). Die Sehne des Muskels, welche sich bei starker Pronation immer mehr um den Innenrand des Fußes herumwickeln würde, setzt dem einen energischen Widerstand entgegen; sie gehört zu den Faktoren, welche das Abgleiten des Talus verhindern, wenn bei proniertem Kalkaneus das Sustentaculum tali schräg zu liegen kommt (Abb. 298b). Bei schlaffen Muskeln wirkt die Belastung des Fußes in dieser Richtung und befördert den Plattknickfuß (Pes valgus).

Wirkung beim Standbein

Bei fixiertem Fuß (Standbein) nähert der Tibialis anterior den Unterschenkel dem Fußrücken, z. B. bei kräftigem Vornhineinlegen des Körper-

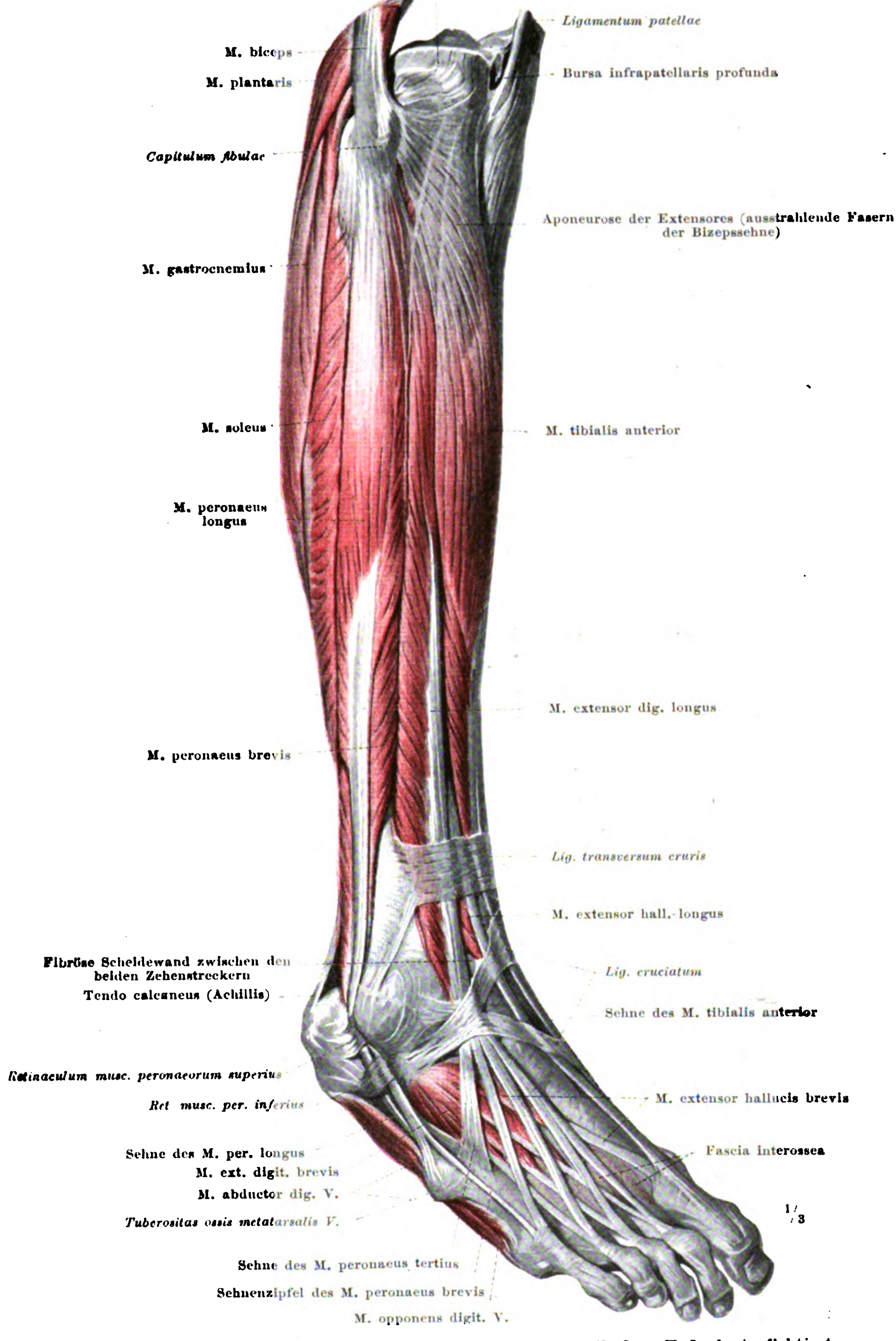


Abb. 294. Dorsale Muskeln des Unterschenkels und Fußes, Fuß plantarflektiert.

gewichtes im Vorwärtsschreiten. Daher rührt die Ermüdung und Schmerzhaftigkeit des Muskels beim schnellen Gehen, Schlittschuhlaufen, Skifahren usw.

Innervation: Nervus peronaeus profundus mit Ästen, welche längs der lateralen Seite gruppenweise in jedes Drittel des Muskels eintreten. Segmentale

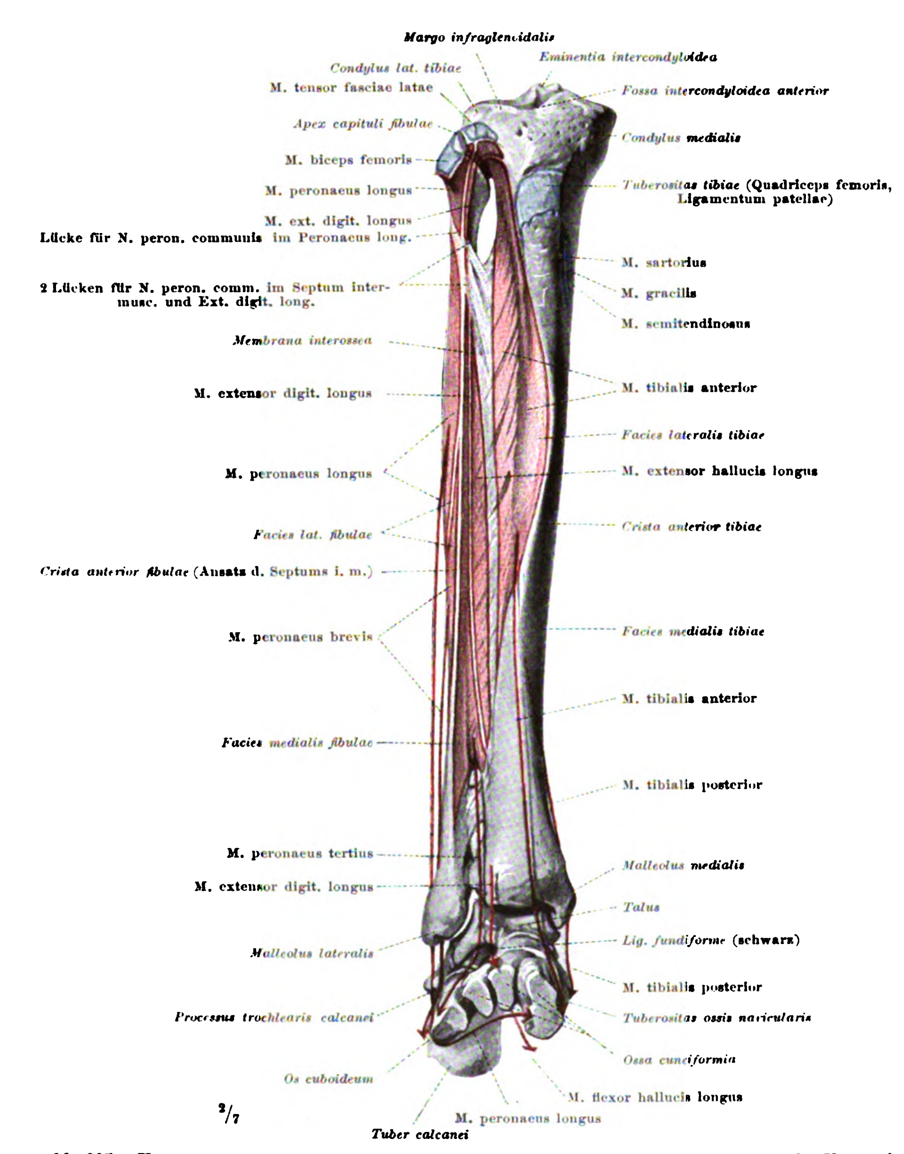


Abb. 295a. Ursprünge (rot) und Insertionen (blau) der vorderen und lateralen Muskeln des Unterschenkels. Die Pfeile geben die Hauptrichtungen der Muskeln in natürlicher Lage an. Der Fuß ist in der Lisfrancschen Linie amputiert.

Nerven: L 4 (L 5, S 1). Blutzufuhr: Arteria tibialis anterior, Arteria recurrens tibialis anterior. Der Außenrand des Tibialis anterior leitet das Messer zu dem Gefäßnervenstamm auf der Membrana interossea beim Aufsuchen dieser Gebilde in der Tiefe (Abb. 293). Schleimbeutel und -scheide: Zwischen Insertionssehne und Kuneiforme I. schiebt sich die konstante Bursa subtendinea musculi

tibialis anterioris ein, welche die Scheuerung von Knochen und Sehne aneinander verhindert. Die Schleimscheide in dem Fach, in welchem die Sehne unter dem Ligamentum cruciatum gleitet, ist bis zu 9 cm lang und konstant (**Vagina tendinis musculi tibialis anterioris**).

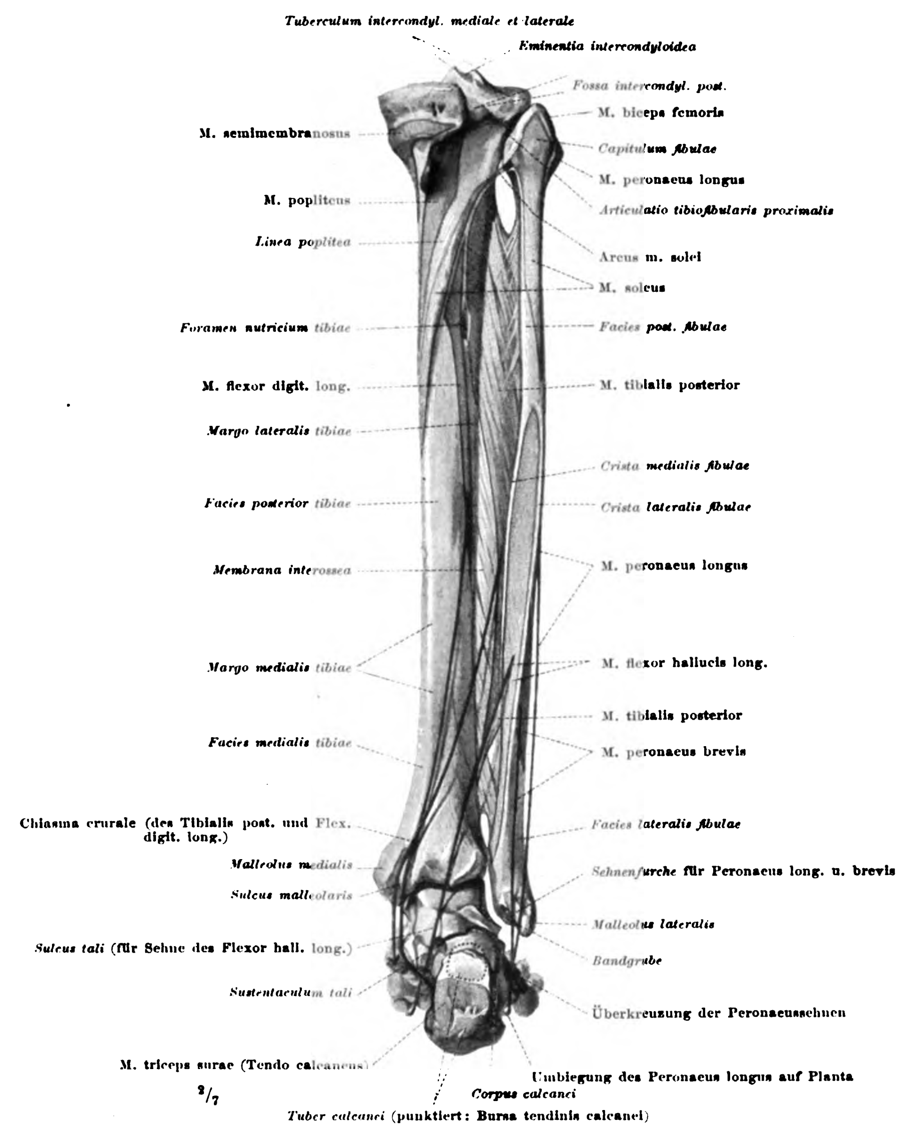


Abb. 295b. Ursprünge (rot) und Insertionen (blau) der Muskeln auf der Hinterseite des Unterschenkels. Pfeile wie in Abb. a. Fuß nicht amputiert.

Musculus extensor digitorum longus und Musculus peronaeus tertius. Während der Tibialis anterior die mediale Nische der osteofibrösen Loge für die vordere Muskelgruppe einnimmt, füllt der lange Zehenstrecker die laterale, kleinere Nische und nutzt deren Wände als Ursprungsflächen für seine Fasern aus (Abb. 293). Beide Muskelbäuche bilden eine einheitliche Wölbung an der Vorderseite des Unterschenkels. Der Extensor liegt vollständig

Musculus extensor digitorum longus und Musculus peronaeus tertius (Tab. Nr. 2), Abb. 293, **294**, 295a, 311a, 315

oberflächlich wie der Tibialis anterior (Abb. 294). Auch seine Ursprungspartie ist oberflächlich aponeurotisch. Die Beziehungen zu den Sehnenfasern des Biceps femoris sind die gleichen wie beim vorigen Muskel. Die Muskelfasern verlaufen parallel und inserieren schräg an den Sehnen, von welchen diejenige für die 2. Zehe am höchsten oben selbständig wird, die übrigen gemeinsam etwas tiefer. Die vier Sehnen zu den dreigliedrigen Zehen strahlen erst, nachdem sie in einem gemeinsamen Fach das Ligamentum cruciatum passiert haben, fächerförmig aus. Sie sind platt und schmiegen sich eng ihrer muskulösen Unterlage an (Extensor digitorum brevis und Extensor hallucis brevis). Die Sehnen inserieren in den Dorsalaponeurosen der Zehen, zusammen mit den Sehnen des Extensor brevis (Abb. 311a).

Abspaltung des Peronaeus tertius

Eine Abspaltung des langen Zehenstreckers, welche an der Basis der Metatarsalia V. et IV. inseriert, heißt Peronaeus tertius (Abb. 294, 311a). Dieser Muskel kann aus einem ganz selbständigen Muskelbauch bestehen, welcher nichts anderes ist als das abgespaltene untere Stück des Extensor longus. Oder aber im Muskelfleisch besteht überhaupt keine Trennung, sondern es geht nur eine besondere Sehne zum charakteristischen Anheftungspunkt an den beiden lateralen Metatarsalia.

Von hier aus geht häufig noch ein Sehnenzipfel zur Kleinzehe als Zeichen der ursprünglichen Abspaltung der Peronaeussehne von der Extensorsehne dieser Zehe. Zwischen den beiden Extremen des völlig abgespaltenen und völlig verbundenen Muskelfleisches des Peronaeus tertius und des Extensor longus gibt es alle Zwischenstufen. Der Muskel wechselt proteusartig von Fall zu Fall fast wie der Palmaris longus der Hand. Es kann selbst jede Spur eines Peronaeus tertius fehlen (8,2%).

Der lange Zehenstrecker ist mehr Fuß- als Zehenmuskel

Die Wirkung des Extensor digitorum longus auf die Zehen ist sehr geringfügig. Er bewirkt dagegen beim Spielbein eine Dorsalflexion des ganzen Fußes, die, wenn der Peronaeus tertius und Extensor hallucis beteiligt sind, an Kraft sogar die Arbeit des Tibialis anterior noch ein wenig übertrifft. Dabei proniert und abduziert er den Fuß, besonders der Peronaeus tertius, da dessen Sehne voll bei der Drehung zur Wirkung kommt. Bei feststehendem Fuß (Standbein) funktionieren der lange Zehenstrecker und Peronaeus tertius wie der Tibialis anterior.

Innervation: Nervus peronaeus profundus mit Nervenzweigen, welche nur in die proximalste Partie des Muskels eintreten. Der Nervenstamm passiert den Ursprung des Muskels durch Lücken, welche je von einem Sehnenbogen überbrückt sind (Abb. 295a). Die Nervenzweige für den Peronaeus tertius sind die gleichen wie die intramuskulären Äste im Extensor longus. Nur bei völlig abgespaltenem Peronaeus entspringt ein separater Nervenast vom Nervus peronaeus profundus in Malleolenhöhe. Segmentale Nerven: L 4, L 5, S 1. Blutzufuhr: Arteria tibialis anterior. Schleimscheide: Die Schleimscheide in dem gemeinsamen Fach unter dem Ligamentum cruciatum für die Sehnen des Extensor longus und Peronaeus tertius ist ebenfalls für diese gemeinsam. Sie ist die kürzeste und breiteste der drei Sehnenscheiden und besonders fest durch das Ligamentum fundiforme mit dem Kreuzband verankert (Abb. 294).

Musculus extensor hallucis longus (Tab. Nr. 3), Abb. 294, 295a, 311a, 315

Musculus extensor hallucis longus. Der Muskel ist zwischen die beiden vorigen Muskeln von der Grenze zwischen oberem und mittlerem Fibuladrittel an eingeschoben. Weiter proximal paßt der Tibialis in eine Delle des Extensor longus genau hinein. Aber auch im mittleren Drittel des Unterschenkels überlagern und umscheiden die Bäuche der beiden Nachbarmuskeln den Großzehenstrecker vollständig; erst gegen das Kreuzband zu werden seine Sehne und manchmal der unterste Abschnitt des Muskelfleisches zwischen ihnen sichtbar (Abb. 294). Legt man die beiden Nachbarmuskeln auseinander (was erst nach Durchtrennung des Ligamentum transversum und Ligamentum cruciatum möglich ist), so kann man den ganzen Muskelbauch des Extensor hallucis bis zur Membrana interossea bequem zugänglich machen. Die Sehne



ist am Fußrücken des Lebenden gut durch die Haut sichtbar zu machen, wenn die Großzehe energisch gehoben wird. Sie benutzt ein besonderes Fach unter dem Kreuzband und inseriert am Endglied der Großzehe (Abb. 311a). Sie ist nicht mit der Sehne des Extensor hallucis brevis verschmolzen.

Die Wirkung auf die Großzehe ist stärker als bei den übrigen Zehen und betrifft Grund- und Endglied, da das erstere vom letzteren mitgenommen wird. Die Dorsalflexion des ganzen Fußes (Spielbein) wird, wie beim Extensor digitorum longus, wesentlich unterstützt (Abb. 315); daneben proniert und abduziert er den Fuß. Beim Standbein nähert er mit den übrigen Extensoren den Unterschenkel dem Fußrücken.

Beim Zehengang (Kunsttanz) reguliert der lange Großzehenstrecker die Stellung der Großzehe; seine zahlreichen, längs dem medialen Fußrand befestigten Antagonisten und die Wadenmuskeln erheben dagegen den Körper auf der Großzehe.

Innervation: Nervus peronaeus profundus mit zwei Muskelästen. Segmentale Nerven: L 4, L 5 (S 1). Blutzufuhr: Arteria tibialis anterior. Die Sehne überkreuzt die Arterie bei ihrem Übergang in die Arteria dorsalis pedis und auch den Nervus peronaeus profundus an der Fußwurzel. Bis dahin liegt das Gefäßnervenbündel zwischen Extensor hallucis longus und Tibialis anterior. Schleimscheide: Die Schleimscheide, in welcher die Sehne in ihrem besonderen Fach unter dem Ligamentum cruciatum gleitet, liegt in der Mitte zwischen der Sehnenscheide des Tibialis und des Extensor digitorum; sie steht auch ihrer Länge nach zwischen beiden. Distalwärts reicht sie am weitesten, proximalwärts kaum so weit wie die Sehnenscheide des Extensor digitorum.

c) Laterale Muskeln des Unterschenkels, Tabelle S. 592, Nr. 4—5.

Die Peronaeusloge

Die beiden Wadenbeinmuskeln, Peronaei, welche zu dieser Gruppe gehören, liegen in einer gemeinsamen osteofibrösen Loge (hellrot, Abb. 293), deren Wände in der Tiefe aus der Facies lateralis der Fibula und aus zwei von diesem Knochen ausgehenden Septa intermuscularia bestehen. Die Oberfläche der Loge ist von der Fascia cruris gebildet. Die Septa intermuscularia sind bindegewebige straffe Fortsetzungen der Fibula, welche beiderseits den angrenzenden Muskeln Ursprungsflächen bieten. Das Septum intermusculare (fibulare) anterius setzt die Crista anterior der Fibula fort; von ihm entspringen Angehörige der vorderen und lateralen Muskeln. Das Septum intermusculare (fibulare) posterius setzt die Crista lateralis der Fibula fort; von ihm entspringen nur Angehörige der lateralen Muskeln; von den Wadenmuskeln lehnt sich der Soleus an das Septum an, ohne von ihm direkt zu entspringen. Die laterale Loge hat einen einzigen Ausgang, den die Sehnen der beiden Muskeln benutzen, um hinten um den Malleolus lateralis herum den äußeren Fußrand zu erreichen. Bei Normalstellung des Fußes beschreiben die Sehnen hinter dem Knöchel einen winkligen Knick. Sie sind durch Verstärkungen der Fascia cruris an dieser Stelle davor behütet, daß sie über den äußeren Knöchel nach vorn hinwegschnellen, Retinacula peronaeorum.



Der Malleolus lateralis bietet dem Winkel der Sehnen ein sehr wirksames Hypomochlion, von dem aus sie die Lage des äußeren Fußrandes ganz anders und viel ausgiebiger beeinflussen können, als nach der Lage der Muskelbäuche in der Loge und ihrer Richtung zu erwarten wäre. Das ist aus der Größenentwicklung des äußeren Knöchels zu verstehen, welche bei vielen Säugetieren noch recht gering ist, so daß vielfach die Sehnen der Wadenbeinmuskeln noch vor anstatt hinter dem Knöchelhöcker liegen (z. B. bei allen Raubtieren und vielen Nagern). Je stärker der äußere Knöchel prominiert und je mehr er nach hinten rückt, um so stärker prägt sich die Besonderheit dieser Gruppe gegenüber den vorderen Muskeln des Unterschenkels aus.

Die Erhaltung der Fibula ist also nicht nur für die Gelenke, sondern auch für diese Muskeln höchst notwendig. Die Selbständigkeit der Peronaeusgruppe liegt außer in der Zugehörigkeit zu einer besonderen Loge in der Innervation durch einen besonderen Nerven zutage (Nervus peronaeus superficialis). Die Wirkung wird durch die Rückverlagerung der Sehnen hinter den Knöchel derjenigen der tiefen Flexoren vergleichbar, welche ebenfalls **hinter** dem Drehpunkt des Fußes in der Gabel des Unterschenkels liegen (Abb. 296). Die Muskeln der lateralen Loge sind nicht Dorsalflexoren wie die übrigen dorsalen Muskeln, sondern sie können synergetisch mit den ventralen Muskeln den Fuß **plantarflektieren** (Abb. 315). Daher beträgt die Gesamtarbeit der Plantarflexoren (8 Muskeln, Nr. 4—11 der Tabelle) $18^1/_2$ Kilogrammeter gegenüber nur $4^1/_4$ Kilogrammeter der Dorsalflexoren (3 Muskeln, Nr. 1—3 der Tabelle). In bezug auf die **Fußränder** (Pro- und Supination, Ab- und Adduktion) sind die Peronaei dagegen Antagonisten der tiefen Flexoren geblieben. Wirken beide Gruppen gemeinsam, so heben sich die gegensätzlichen Wirkungen auf die Fußränder auf, und es resultiert **reine** Plantarflexion. Sie kommt der Erhebung des Körpers auf den Zehenspitzen zugute, welche bei aufrechter Körperhaltung **gegen** die Körperschwere erfolgen muß (die Dorsalflexoren haben dagegen nur das Fußgewicht zu heben). Die Umwandlung der Peronaei in Plantarflexoren war geradezu eine der Voraussetzungen des aufrechten Ganges bei den Vorfahren des Menschen.

Musculus peronaeus longus (Tab. Nr. 4), Abb. 293, 294, 295, 299, 311 b, 315

Musculus peronaeus longus. Der Muskelbauch nimmt in der Peronaeusloge etwa die obere Hälfte ein und ist hier ausgiebig an sämtlichen Wänden, auch an der oberflächlichen Fascia cruris befestigt. Daher ist die Oberfläche des Muskels im obersten Abschnitt aponeurotisch (Abb. 294). Man sieht den Muskelbauch als deutlichen Wulst vorspringen, wenn die Fußspitze mit Kraft gesenkt wird, z. B. beim Tanzen oder Treten eines Fahrradpedales. Da dabei die vordere Gruppe schlaff ist und einsinkt, ist der Peronaeuswulst besonders deutlich. Er ist nirgends durch andere Muskeln verdeckt. Selbst die Sehne ist äußerlich beim Lebenden wahrnehmbar, z. B. beim Abwickeln des Fußes vom Boden im Gehen. In der Tiefe deckt der Muskel den Nervus peronaeus communis, welcher unmittelbar distal vom Köpfchen der Fibula zwischen Knochen und Muskelfleisch liegt und hier seinen Druckpunkt hat (Abb. 295a). Bei Ischias ist diese Stelle sehr empfindlich.

Man bezeichnet die Pforte, durch welche der Nervenstamm das Septum intermusculare (fibulare) posterius passiert, um in die Peronaeusloge einzutreten, als **Hiatus communis** des Nervenkanals. Der Nervus **peronaeus profundus** durchquert die Peronaeusloge, verläßt sie durch das Septum anterius und erreicht auf diese Weise die vordere Loge für die Extensoren. Der Nervus **peronaeus superficialis** verläuft dagegen im Fleisch des Peronaeus longus abwärts und verbleibt in der Peronaeusloge bis zu der Stelle, wo der Endast die Fascia cruris durchbohrt (Hautnerv des Fußrückens).

Doppelte Knickung der Sehne

Die Muskelfasern sind mit doppelter Fiederreihe an der Sehne befestigt, die bereits in der Mitte des Unterschenkels frei vorliegt (Abb. 294). Die Sehne ist in eine Delle des Peronaeus brevis eingebettet, so daß die Oberflächen beider Peronaei in eine einheitliche Fläche einnivelliert sind und auch wie ein einziger Muskelstrang vorspringen, wenn sie gleichzeitig innerviert werden, z. B. beim Aufrichten des Körpers auf die Fußspitzen. Dies kommt auch daher, daß der Bauch des Longus an Querschnitt um genau so viel abnimmt als der unter ihm liegende Brevis an Querschnitt zunimmt. Die Sehne verschiebt sich auf der aponeurotischen Oberfläche des Brevis durch lockeres dazwischen liegendes Bindegewebe. Erst von der Höhe des Ligamentum transversum cruris **ab** erleichtert eine gemeinsame Sehnenscheide das Gleiten der Sehnen beider Muskeln gegeneinander längs der kritischen

Stelle hinter dem Knöchel, wo die Reibung der Sehnen gegeneinander und gegen den Knochen am größten sein muß (erster Winkel). Jenseits der Retinakula geht die Sehne des Peronaeus longus unterhalb eines Knochenfortsatzes des Kalkaneus, des Processus trochlearis, zum Fußrand. Die Sehnenscheide hört an dieser Stelle auf. Die Sehne gleitet auf einer faserknorpeligen Facette des Tuberositas ossis cuboidei und tritt, indem sie diesen Höcker als Hypomochlion benutzt, mit einem zweiten, spitzeren Winkel als dem Knöchelwinkel auf die Fußsohle (Abb. 299). Eingebettet in einem osteofibrösen Kanal gleitet sie in besonderer Sehnenscheide und erreicht fast den inneren Fußrand. Sie inseriert am lateralen Rande des Kuneiforme I. und der Basis des 1. Metatarsale (Abb. 311b).

Diese Stelle liegt in nächster Nähe der Ansatzpunkte des Musculus tibialis anterior. Beide Muskeln zusammen können als eine durchlaufende Muskelsehnenschlinge aufgefaßt werden, in welchen die genannten Knöchelchen des inneren Fußrandes eingelassen sind. Der Fuß steht gleichsam in einem Steigbügel, welcher aus der Sehne des Peronaeus longus und des Tibialis anterior zusammengesetzt ist (Abb. 295a). Daher wird durch Kontraktion des Peronaeus longus, falls der Tibialis gegenhält, die Höhlung des Fußgewölbes versteift; die Wölbung des Fußrückens kann sogar deutlich gesteigert sein.

Flexion, Pronation und Abduktion des Fußes

Die Wirkung des Peronaeus longus auf den frei beweglichen Fuß (Spielbein) erkennt man am besten bei emporgehobener Fußspitze (Hackenfuß), weil dann der Muskel durch den Umweg, welchen die Sehne um den hinteren Knöchel herum macht, am stärksten gedehnt ist. Er ist Plantarflexor, und zwar mit doppelt so großem Moment wie der Peronaeus brevis, weil er weiter hinten als dieser am Fuß angreift.

M. peronaeus brevis
M. peronaeus longus
Malleolus lateralis fibulae
Processus trochlearis
Tuberositas ossis cuboidei

Abb. 296. Entscheidende Strecke der Sehnen der Peronaei. Der Punkt im Talus entspricht dem Querschnitt durch die Achse für die Plantar- und Dorsalflexion (Knöchelgelenk, Abb. 268).

Die entscheidende Strecke für die Plantarflexion ist der Weg von der Hinterseite des Knöchels bis zur Tuberositas des Kuboideum (Abb. 296). Auf dieser Wegstrecke liegt das Gelenk, in welchem der Fuß flektiert wird (Talokruralgelenk). Was vor und nach dieser entscheidenden Strecke kommt, ist für die reinen Flexionen nicht maßgeblich. Der Peronaeus brevis, welcher nicht unterhalb, sondern oberhalb des Processus trochlearis und weiter vorn an den Fuß geht, verliert um so viel an Kraft für die Plantarflexion, als die entscheidende Strecke zwischen Knöchel und Insertion dem Drehpunkt näher liegt als die entsprechende Stelle des Longus. Würde die Sehne bis an den Drehpunkt des Fußes in der Fußgabel heranreichen, so wäre überhaupt kein Moment für Plantar- oder Dorsalflexion vorhanden.

Der Peronaeus longus benutzt den lateralen Fußrand als Hypomochlion (Abb. 295a) und senkt so den Fuß mit dem medialen Fußrand voran (Pronation); außerdem zieht er die Fußspitze nach außen (Abduktion). Bei der akuten spinalen Kinderlähmung (Poliomyelitis acuta) ist er sehr häufig besonders stark betroffen: der äußere Fußrand kann dann nicht gehoben und die Fußspitze nicht nach außen geführt werden (Pes equinovarus). Diese Stellung ist das Gegenbild zu der Wirkung eines normalen Peronaeus longus.

Bei feststehendem Fuß (Standbein) hilft der Muskel die Sohle auf den Boden aufdrücken, da er den Unterschenkel etwas nach hinten zieht.

Innervation: Nervus peronaeus superficialis mit 3 Ästen im proximalen Abschnitt des Muskelbauches. Segmentale Nerven: (L 4), L 5, S 1. Blutzufuhr: Arteria genus inferior lateralis, Arteria peronaea, Arteria tibialis anterior. Schleimscheiden: Die Sehne hat eine doppelte Schleimscheide. Die obere reicht am Unterschenkel empor und bis zur Fußwurzel hinab, krurotarsal; die untere liegt in der

Sohle des Fußes, plantar. Beide sind voneinander durch eine kurze Zwischenstrecke auf dem Os cuboideum getrennt. Hier ist die Sehne nackt. Ein Zusammenhang beider Scheiden kommt nur äußerst selten vor. Dagegen ist regelmäßig die krurotarsale Scheide mit der Scheide für den Peronaeus brevis auf eine lange Strecke gemeinsam: Vagina communis tendinum musculorum peronaeorum. Nach dem Processus trochlearis des Kalkaneus zu sind sie getrennt, so daß dieser Knochenfortsatz zwischen beide zu liegen kommt. Die gemeinsame Sehnenscheide wird von zwei getrennten Verstärkungsbändern der Faszie gedeckt und geschützt, dem Retinaculum superius et inferius (Abb. 294). Das obere liegt hinter dem Malleolus lateralis, das untere auf der lateralen Seitenfläche des Kalkaneus. — Die plantare Sehnenscheide liegt unmittelbar auf den tiefen Bändern der Fußsohle und den Fußknochen: Vagina plantaris. Sie ist vom Ligamentum plantare longum überbrückt. Die kurzen Halluxmuskeln entspringen zum Teil an ihr (Flexor hallucis brevis und Caput obliquum des Adductor hallucis). Sehnenfasern treten durch sie hindurch in den Interosseus externus I. ein.

Abb. 297. Peronaeus parvus. Das untere Ende des Muskels ist in diesem Fall abortiv (Befestigung der Sehne mit zwei Zipfeln am Kalkaneus und an der Fibula anstatt an der Kleinzehe). Der Vorderfuß ist nach Chopart abgenommen. Umzeichnung nach Frets (Morph. Jahrb. Bd. 42).

Musculus peronaeus brevis (Tab. Nr. 5), Abb. 294, 295, 299, 311a, 315

Musculus peronaeus brevis. Er liegt in der distalen Hälfte der Muskelloge für die beiden Peronaei und entspringt von deren knöcherner und fibröser Wand. Das Muskelfleisch reicht abwärts bis in die Nähe des äußeren Knöchels (Abb. 294). Die Oberfläche ist oben aponeurotisch als Gleitfläche für den Longus. Die Beziehungen zum Knöchel, zu der kruralen Sehnenscheide und den Retinakula, welche beiden Peronaei gemeinsam sind, sind beim vorigen Muskel beschrieben. Auch wurde dort erwähnt, daß der Brevis supratrochlear verläuft (Abb. 296). Da die Sehne am Fußrücken weiter dorsalwärts liegt als die Longussehne und da sie nicht nach der Planta zu verschwindet, so kann man sie am Lebenden bei kräftiger Pronation des Fußes durch die Haut sehen.

Neben-insertion (Peronaeus parvus)

Die Hauptinsertion ist an dem vorspringenden Höcker des äußeren Fußrandes, der Tuberositas ossis metatarsalis V. befestigt (Abb. 311a). Die Sehne hat gewöhnlich noch eine Nebeninsertion, einen besonderen Zipfel, welcher bis zur Kleinzehe zu verfolgen ist.

Dieser Zipfel ist das letzte Überbleibsel einer ganzen Gruppe von Muskeln, welche bei niederen Säugern (Monotremen) vom Unterschenkel zu allen Zehen gehen und unter den langen Zehenstreckern liegen: lange, tiefe Strecker. Als seltene Varietät kommt beim Menschen noch ein solcher separater tiefer Strecker vor, welcher oben in der Peronaeusloge beginnt und an der Kleinzehe inseriert (Peronaeus digiti V. superior s. parvus, Abb. 297). Von diesem ist die zarte Sehne des Peronaeus brevis zur Kleinzehe ein Rudiment; das Fleisch dieses Muskels ist gewöhnlich in den Brevis aufgegangen, die zarte Sehne geht noch selbständig zur Kleinzehe. Zu den übrigen Zehen gibt es am Unterschenkel des Menschen nichts Entsprechendes. Am Unterarm kommt jedoch ein ähnliches System von langen,

tiefen Streckern vor (Extensor indicis proprius, Extensores pollicis und gelegentliche Reste am Mittelfinger, S. 358). Der normale menschliche Fuß hat statt eines kruralen Systems von tiefen Streckern zur Zehe 1—4 ein pedales System (Extensor digitorum brevis und Extensor hallucis brevis, s. kurze Fußmuskeln). Diese fehlen an der Hand. Wahrscheinlich ist das pedale System vom kruralen System abzuleiten. Man stellt sich vor, daß die tiefen Zehenstrecker sukzessive abwärts auf den Fußrücken gewandert sind außer dem für die Kleinzehe, welcher in den Peronaeus brevis aufging. Die Ursache für diese Umwandlung langer Muskeln in kurze dürfte in der Prominenz des Malleolus lateralis zu suchen sein. Würden die tiefen Sehnen um diesen herumziehen, so wären sie wie die Muskeln der Peronaeusloge nicht mehr fähig, dorsal zu flektieren. Darauf kommt es aber gerade bei diesen Muskeln für die 1.—4. Zehe an.

Abduktion des ganzen Fußes (Plattfußmuskel)

Die Wirkung ist gleichsinnig derjenigen des Longus: er flektiert plantarwärts, proniert und abduziert den Fuß. Man kann sich leicht merken, daß alle drei Peronaei Pronatoren sind. Über das Moment der Plantarflexion siehe beim vorigen. Die Abduktion hat das Besondere, daß sie auch von einer Abduktion der Hacke begleitet ist. Das Retinaculum inferius nimmt den Kalkaneus mit und bringt so Vorfuß und Hacke in die gleiche Richtung, während im allgemeinen diese beiden Teile des zweiarmigen Hebels in verschiedener Richtung gehen (S. 591).

Da der Peronaeus brevis den Fuß im ganzen abduziert und auch proniert, so bringt er ihn in eine Stellung, bei welcher der Talus vom Kalkaneus abzurutschen versucht (Abb. 298b, gestrichelter Kontur; Plattknickfuß). Was bei Versagen des Tibialis anterior die Schwere des Körpers passiv versucht, das befördert aktiv ein einseitiges Überwiegen des Peronaeus brevis (exquisiter Plattfußmuskel).

Innervation: Nervus peronaeus superficialis. Der Nerv durchbohrt im schrägen Verlauf den Peronaeus longus und liegt dann bis zur Grenze zwischen mittlerem und unterem Drittel des Unterschenkels zwischen beiden Peronaei. An der genannten Grenze durchbricht der sensible Endast die Fascia cruris. Der Ast zum Peronaeus brev. dringt in die Außenfläche des proximalen Abschnittes ein. Segmentale Nerven: (L 4), L 5, S 1. Blutzufuhr: Arteria peronaea, Arteria tibialis anterior. Schleimscheide: Siehe die Beschreibung der gemeinsamen Schleimscheide beim vorigen. Auf der supratrochlearen Strecke hat der Brevis seine besondere Schleimscheide und sein besonderes Fach unter dem Retinaculum inferius. Proximalwärts hängt dieser separate Teil der Scheide mit der gemeinsamen Sehnenscheide für beide Peronaei zusammen. Distalwärts reicht sie bis zur Basis des Metatarsale V.

d) Tiefe Muskeln auf der Hinterseite des Unterschenkels, Tabelle S. 592, Nr. 6—8.

Unterschiede der Insertion (Vorfuß, Hacke)

Die oberflächliche Schicht oder Wadenmuskeln sind Spezialisten. Sie haben ihre besonderen Beziehungen zum Fersenhöcker des Fersenbeines und wirken einseitig auf die Hacke. Durch Vermittlung dieses Hebelarmes bewegen sie mittelbar den Vorfuß aufs kräftigste in entgegengesetzter Richtung, z. B. bei der Erhebung des Körpers auf die Zehenspitzen. Dabei zeichnet sich die Wadenmuskulatur bekanntlich im Relief der Haut ganz besonders ab. Die Muskeln der tiefen Schicht dagegen gehen unmittelbar an den Vorfuß; sie gleichen darin dem primitiven Verhalten der vorderen und lateralen Muskeln des Unterschenkels, die sämtlich am Vorfuß inserieren.

Es gibt bei den Wadenmuskeln des Menschen noch Anzeichen, daß auch sie ursprünglich zum Vorfuß gingen. Nach der Entwicklung des ganzen Fußes ist es nicht zweifelhaft, daß der Fersenhöcker ein sekundärer Auswuchs ist, eine Muskelapophyse, welche schon beim Vierfüßler das Abheben des Fußes vom Boden und das Vorschieben des Körpers erleichtert; sie ist daher weit verbreitet. Die Wadenmuskeln gingen dem Konflikt aus dem Wege, welcher für alle am Vorfuß inserierenden Muskeln entstehen mußte, weil der Fersenhöcker, je größer er wird, um so gründlicher den geraden Weg dieser Muskeln zur Fußsohle versperrt. Sie verlegten ihre Insertion auf den Fersenhöcker und gingen dadurch enge korrelative Beziehungen zu seinem Wachstum ein.

Bedeutung des Sustentaculum tali (Torsion des Fersenbeines)

Für die Sehnen der tiefen Muskeln bleibt medial neben dem Fersenhöcker ein Einschnitt im Fußskelett frei: eine besondere Konsole des Fersenbeines, Sustentaculum tali, unterstützt das Sprungbein; der Fersenhöcker kommt um die Breite dieser Konsole nach außen zu liegen. In dem Einschnitt medial vom Fersenhöcker ist Raum genug für das Durchschlüpfen der Sehnen zur Fußsohle (Abb. 295b, drei rote Pfeile). Die Konsole ist bei Vierfüßlern widerstandsfähig genug, um das Sprungbein und damit den Teil des Rumpfes zu tragen, welcher auf dem einzelnen Hinterbein ruht. Bei Menschenaffen steht sogar der Kalkaneus so stark supiniert, daß ein Abgleiten des Sprungbeins nach innen unmöglich ist (Abb. 298a, Schimpanse). Dieses Extrem, welches mit der eigentümlichen Supinationsstellung des Greiffußes dieser Tiere zusammenhängt, wurde von den Vorfahren des Menschen wohl nie erreicht. Der Neandertaler hat nur eine geringe Supinationsstellung des Kalkaneus, der rezente Mensch gar keine oder statt dessen eine geringe Pronationsstellung

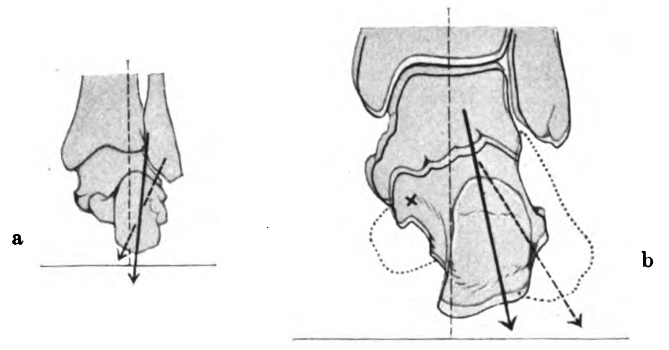


Abb. 298. Torsion des Kalkaneus. Längsachse des Fersenhöckers durch Pfeil bezeichnet, Traglinie des Unterschenkels gestrichelt (vgl. mit Abb. 268). × Sustentaculum tali des Fersenbeines. Abb. a: Neandertaler. Der gestrichelte Pfeil entspricht der Längsachse des Fersenhöckers beim Schimpanse. Abb. b: Grauer Ton und Kontur: unbelasteter Fuß. Schwarzer Kontur: mit dem Körpergewicht belasteter Fuß. Punktierter Kontur: Plattknickfuß (Pes valgus). Der gestrichelte Pfeil gehört zum Pes valgus. (Abb. a. Zusammengestellt nach Zeichnungen von Boule aus Martin, Lehrb. d. Anthrop. S. 1061; Abb. b nach Röntgenbildern von Baisch, Zeitschr. f. orthop. Chir. Bd. 31.)

(Abb. 298b, ausgezogener Pfeil). Man nennt diese Drehung des Knochens: Torsion des Kalkaneus.

Durch den aufrechten Gang wird für viele Individuen der Kompromiß zwischen lateraler Lage des Fersenhöckers und medialer Lage der Sehnen verhängnisvoll. Sehr korpulente Personen und Angehörige aller Berufe, die langes Stehen und einseitiges Tragen oder Schieben von Lasten verlangen (Ladnerinnen, Kellner, Bäcker), neigen zum Plattknickfuß, Pes valgus. Er äußert sich in einer übertriebenen Pronation (Torsion) des Fersenbeines (Abb. 298b, gestrichelter Pfeil). Der Knochen steht bei dieser pathologischen Form gerade entgegengesetzt geneigt zu der Stellung bei den Anthropomorphen. Beides sind Extreme.

Eine große Menge von passiven und aktiven Hilfsmitteln ist am menschlichen Fuß aufgeboten, welche ein Abgleiten des Sprungbeines trotz der Pronation des Fersenbeines verhindern. Diese müssen erlahmen und versagen, falls der Plattknickfuß unter der Wirkung der Körperschwere und dem Übergewicht von Muskeln, die ihn aktiv begünstigen (Peronaeus brevis), eintritt und chronisch wird. Als sehr kräftiger Antagonist gegen die Pronation des Kalkaneus wirkt vor allem derjenige tiefe Flexor, dessen Sehne am wenigsten weit vor dem Fersenhöcker ausgewichen ist und ihm am nächsten liegt (Flexor hallucis longus, Abb. 295b). Die Sehne dieses Muskels umfaßt im Bogen das Sustentaculum tali und zieht unter ihm nach der Großzehe zu (Abb. 295a). Die Konsole, auf welcher das Sprungbein ruht, wird auf diese Weise von einem Hängegurt getragen, der bei gut ausgebildeter Muskulatur höchst wirksam ist.

Beziehung des Sustentakulum

Sämtliche tiefen Muskeln der Hinterseite des Unterschenkels werden dadurch, daß ihre Sehnen nicht auf dem geraden Weg zur Fußsohle verlaufen

können, sondern medialwärts vom Fersenhöcker verlagert und schräg gerichtet sind, automatisch zu Supinatoren und Adduktoren des Fußes (vgl. die Lage zur Achse, Abb. 306 b). Diese Nebenwirkung wird ausgeglichen dadurch, daß die Sehnen der Peronaei immer mehr hinter den äußeren Fußknöchel zu liegen kommen, der entsprechend kräftig und groß wird. Das Moment der Peronaei für Pronation und Abduktion wird durch die Veränderung der Lage ihrer Sehnen und durch das Übergreifen der Sehne des Peronaeus longus bis an den medialen Fußrand beträchtlich gesteigert. Wir sehen in diesem Antagonismus zu den tiefen Muskeln des Unterschenkels die Ursache für die Verlagerung der Peronaei. Die Menschenaffen sind diesen Weg nicht gegangen. Ihr Greiffuß ruht auf der Außenkante, steht also in extremer Supination (siehe oben). Beim Menschen sind jedoch Supinatoren und Pronatoren im Gleichgewicht. So ist bei uns trotz der enormen Belastung des Fußes und trotz des großen Breitenindex der knöchernen Ferse, welcher beim Menschen den höchsten Grad erreicht, die Außenkantung des Greiffußes vermieden und der beim Vierfüßler übliche Zustand erhalten: der Fuß wird mit der ganzen Breite der Sohle aufgesetzt! Es wurde bereits ausgeführt, daß die dorsalen Pronatoren durch ihre Beziehung zum äußeren Knöchel Plantarflexoren geworden sind. Sie unterstützen auf diese Weise sämtliche Muskeln auf der Hinterseite des Unterschenkels und helfen insbesondere den Wadenmuskeln, den Körper auf die Fußspitzen zu erheben. **zu den Peronaei**

Ein Heer von korrelativen Verknüpfungen ist durch den aufrechten Gang und die Verbreiterung des Fersenhöckers in Gang gesetzt worden. Das Resultat für den menschlichen Fuß läßt sich dahin zusammenfassen, daß das passive Knochengerüst zwar einen schwachen Punkt behält, der den Plattknickfuß, Pes valgus, begünstigt, daß aber das aktive Muskelsystem den Gewinn davongetragen hat. Seine spezifische Entfaltung ist für das aufrechte Stehen und Gehen und für die Bewegung der Körperlast gegen die Schwere in aufrechter Haltung (Erheben auf die Zehenspitzen) ganz besonders wertvoll. Unter normalen Verhältnissen gleicht die Kraft der Muskeln die Schwäche der Knochenanordnung völlig aus. Die hier zu besprechenden Muskeln stehen, jeder in seiner besonderen Art, unter dem Einfluß dieser allgemeinen korrelativen Beziehungen. Sie sind sämtlich Plantarflexoren, Supinatoren und Adduktoren des Fußes. **Schwäche der passiven, Stärke der aktiven Komponenten des Fußes**

Die osteofibröse Loge, in welcher die tiefen Flexoren liegen, ist von den Unterschenkelknochen und der Membrana interossea einerseits, dem tiefen Blatt der Fascia cruris andererseits begrenzt (Abb. 293, dunkelblau). Der einzige Ausgang für die Sehnen liegt am distalen Ende der Loge hinter dem inneren Knöchel. Er ist von dem Ligamentum laciniatum, einer Verstärkung der Faszie, überbrückt (Abb. 299). **Loge der tiefen Schicht**

Musculus tibialis posterior. Er steht nicht wie der Tibialis anterior in besonders enger Beziehung zum Schienbein, eine Annahme, zu welcher die analoge Benennung verleitet. Er entspringt zwar auch von der Tibia, aber nur an einem Teil ihrer hinteren Fläche. Dagegen reicht der Ursprung über die ganze Membrana interossea herüber bis zur Fibula und an dieser besonders weit distalwärts herab. Da auch Ursprünge an der Deckfaszie vorkommen (Fascia cruris profunda), so ist kein Teil der Logenwandung vom Muskel ungenutzt (Abb. 293). Die Muskelbündel vereinigen sich in doppelter Fiederung zu der Sehne, die schon hoch oben nahe dem medialen Rand des Muskels sichtbar wird (Abb. 299). Das Muskelfleisch hört oberhalb des Knöchels auf. Die platte Sehne schlüpft unter einer Sehnenarkade des Flexor digitorum longus hindurch, kommt durch diese Unterkreuzung weiter vorn als die Sehne des letzteren zu liegen, dem inneren Knöchel zunächst. Im Sulcus malleolaris biegt sie um den Knöchel **Musculus tibialis posterior (Tab. Nr. 6), Abb. 293, 295, 299, 311 b, 315**

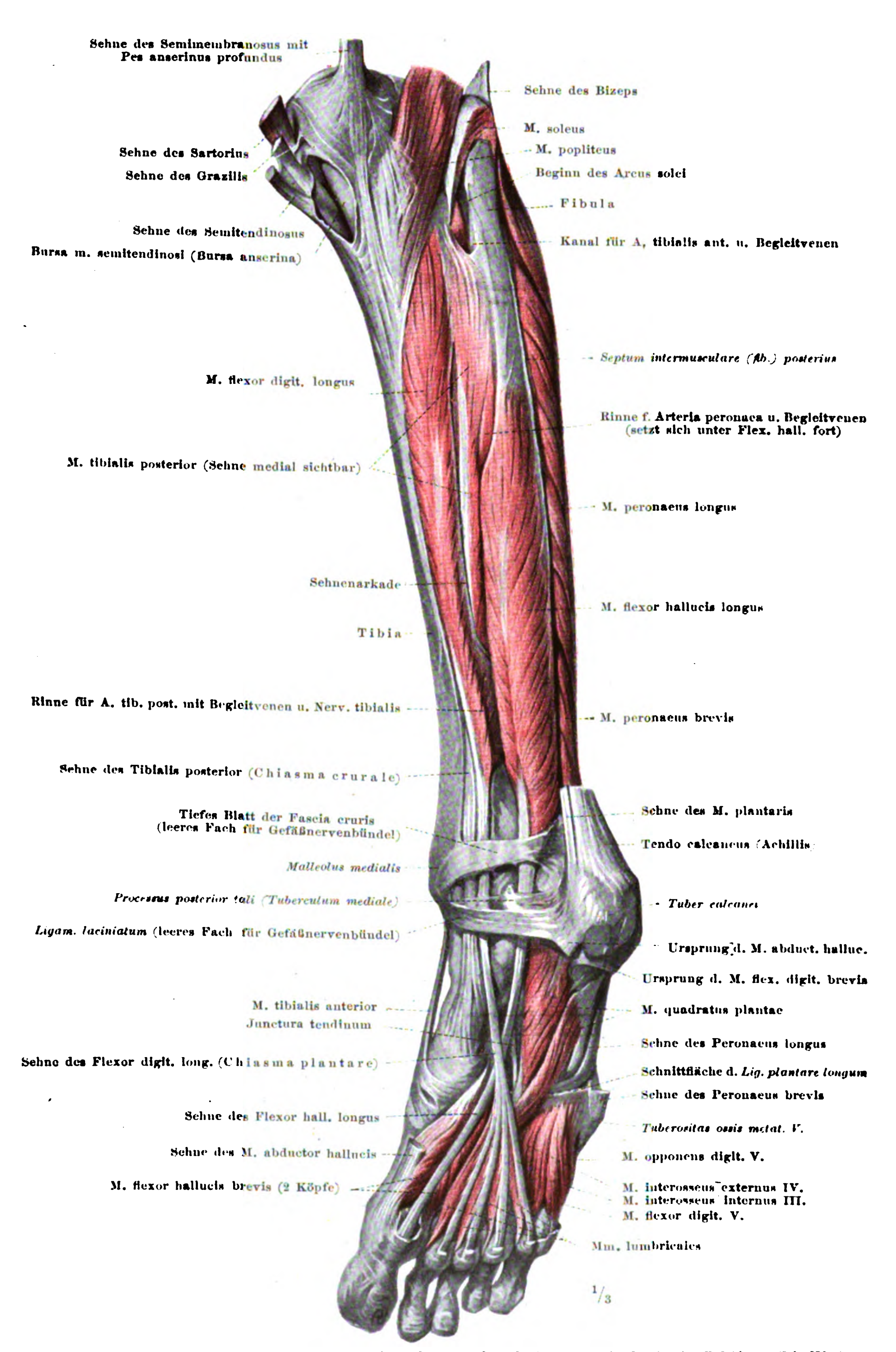


Abb. 299. Tiefe Muskeln der Hinterseite des Unterschenkels. Fuß stark plantarflektiert. Die Wadenmuskeln entfernt. Die Sehnen des Musculus flexor digitorum brevis sind vom Eintritt in die Sehnenscheiden der Zehen ab erhalten, der Muskel selbst und der Musculus abductor hallucis entfernt.

herum und erreicht so den inneren Fußrand (über das Pfannenband hinweg). Die Sehne inseriert hauptsächlich an der Tuberositas ossis navicularis, aber auch am 1. Keilbein und mit ausstrahlenden Zipfeln an den meisten anderen Tarsalia; durch rückläufige Sehnenfasern wird selbst der Kalkaneus erreicht (Abb. 311b).

Er ist von den drei tiefen Muskeln der stärkste Fußkanter (Supinator und Adduktor des Fußes); als Plantarflexor steht er den beiden übrigen nach (Abb. 315). Bei fixiertem Fuß (Standbein) nähert der Muskel den Unterschenkel der Ferse und Fußsohle. **Ausstrahlung am Fuß, Wirkung**

Die fächerförmige Ausstrahlung der Insertion sichert dem Muskel eine gleichmäßige Wirkung auf den Gesamtfuß. Er ist derjenige lange Muskel, welcher am weitesten hinten am Fußgewölbe inseriert und deshalb bei der vorderen Amputation des Fußes am wenigsten berührt wird (LISFRANC, S. 633). Da der Peronaeus longus am 1. Keilbein und damit am gleichen Knochen wie der Tibialis posterior befestigt, auch durch Sehnenfasern, welche dieses Knöchelchen überbrücken, mit dem Tibialis vereinigt ist, so können die beiden Muskeln bei Amputation der Metatarsalia und der Zehen den Stumpf einigermaßen im Gleichgewicht halten. Bei intaktem Fuß komprimieren sie das Fußgewölbe von den beiden Rändern des Fußes her (Abb. 295a); sie wirken der Verbreiterung des Fußes entgegen, wenn er belastet ist.

Innervation: Nervus tibialis mit einem Ast, der ganz in der Nähe des Popliteusastes abzweigt und hoch oben in die Oberfläche des Muskels eintritt. Segmentale Nerven: L 5, S 1 (S 2). Blutzufuhr: Arteria tibialis posterior, Arteria peronaea. Das Gefäßnervenbündel der Kniekehle gibt am oberen Rand des Tibialis posterior ein Gefäß ab, welches die obere Pforte der Membrana interossea benutzt, um auf die Vorderseite des Unterschenkels zu gelangen: Arteria tibialis anterior. Der Muskel hat eine hohlkehlenartige Vertiefung, in welcher dieses Gefäß mit seinen Begleitvenen eingebettet liegt. Der Rest, die Arteria tibialis posterior mit dem Nervus tibialis und die Arteria peronaea, liegen, von Begleitvenen eingerahmt, in der Loge der tiefen Flexoren. Alle berühren im oberen Drittel des Unterschenkels unmittelbar das tiefe Blatt der Fascia cruris, welches diese Loge oberflächlich abschließt (Abb. 293). Schleimscheide: Die Scheide für die Sehne ist selbständig, Vagina tendinis (m. tibialis post.). Sie liegt hinter dem inneren Knöchel und reicht mit einem Rezessus bis hart an die Insertion der Sehne (Tuberositas ossis navicularis) heran. Die Sehnenscheide wird festgehalten durch das Ligamentum laciniatum.

Musculus flexor hallucis longus. Ist schon beim Tibialis posterior die Beziehung zur Tibia anders als beim Tib. anterior, so ist beim Flexor hallucis und Flexor digitorum (Tab. Nr. 8) die Lage direkt gegensätzlich zu der Lage ihrer Endpunkte am Hallux und an den dreigliedrigen Zehen. Denn die Großzehe liegt medial, der Ursprung des Flexor hallucis aber lateral am Unterschenkel (Abb. 299); er entspringt wesentlich auf der Fibula, dem Septum intermusculare zwischen Peronaeusloge und tiefer Flexorenloge und nur auf einem schmalen Streifen der Membrana interossea längs der Fibula (Abb. 295b). Beim Flexor digitorum longus werden wir finden, daß er, der doch zu den lateralen dreigliedrigen Zehen geht, am medialen Rand der Loge, wesentlich an der Tibia entspringt. **Musculus flexor hallucis longus (Tab. Nr. 7), Abb. 295, 299, 311b, 315**

Da die Bäuche der beiden langen Zehenbeuger die seitlichen Nischen der tiefen Loge einnehmen, bleibt für den Tibialis posterior nur Platz in der Mitte. Er kreuzt infolgedessen seine Sehne mit derjenigen des Flexor digitorum longus am Unterschenkel: Chiasma crurale (Abb. 299). Eine weitere Folge ist die, daß auch die Sehnen der beiden Flexoren einander überkreuzen müssen. Dies geschieht in der Tiefe des Fußgewölbes: Chiasma plantare. **Chiasma crurale et plantare**

An der Vorderseite des Unterschenkels liegen der Extensor hallucis longus und der Extensor digitorum longus so nebeneinander wie die Großzehe und die dreigliedrigen Zehen zueinander stehen. Es gibt dort keine Chiasmata. Das Verhalten der tiefen Flexoren erklärt sich aus dem historischen Werdegang, welchen die beiden Muskeln durchmessen haben, ehe sie ihre jetzige Lage erreichten. Bei vielen niederen Säugetieren und auch bei Halbaffen sendet je ein Flexor tibialis und ein Flexor fibularis Sehnen zu allen Zehen; die Sehnen des ersteren liegen oberflächlich, diejenigen des letzteren tiefer (Abb. 300a). Allerdings sind bei den

einzelnen Tierklassen und -familien nicht immer alle 10 Sehnen vorhanden; am konstantesten sind die Sehnen des Flexor fibularis. Bei Halbaffen und Affen sind alternierend Sehnen des einen oder anderen Beugers reduziert mit dem Endergebnis, daß beim Orang und Schimpanse der Hallux nur eine Sehne vom Flexor fibularis, die dreigliedrigen Zehen je eine Sehne von Flexor tibialis erhalten (Abb. 300b). Daraus folgt automatisch die Überkreuzung der Sehnen. Beim Menschen kommt der extreme Endzustand als relativ seltene Varietät vor. Gewöhnlich ist an der Überkreuzung der Sehnen ein Zipfel des Flexor hallucis (Fl. fibularis) mit den Sehnen des Flexor digitorum longus (Fl. tibialis) in Verbindung, Junctura tendinum (Abb. 299). Verfolgt man diesen Zipfel, so geht er mit den Sehnen des Flexor longus zur 2. Zehe, meistens auch zur 3., selten zur 4. Zehe, nie zur Kleinzehe (Abb. 300c). Es sind das Reste der gemeinsamen Versorgung einer jeden Zehe durch beide Muskeln. Gewöhnlich kommt beim Menschen keine Aberration von Sehnenfasern des Flexor digitorum longus zur Sehne des Flexor hallucis vor (Abb. 299); ist sie vorhanden, so wird auch die Großzehe noch von beiden Muskeln bewegt (Abb. 300c).

Beide Muskeln haben durch ihre schräge Lage an Kraft gewonnen. Das Moment des Flexor hallucis steigt am meisten. Beim Menschen läuft die Sehne in einer besonderen Furche auf der hinteren Fläche der Tibia, dann durch eine Rinne auf der Hinterfläche des Talus und durch eine solche auf der Unterfläche des Sustentaculum tali zur Fußsohle in der Richtung auf die Großzehe (Abb. 295a, b, 311b). Sie stützt auf diesem Wege alle größeren Fußwurzelknochen, indirekt insbesondere den Talus, der auf dem Sustentakulum ruht. Die Bedeutung für die Tragfähigkeit des menschlichen Fußgerüstes wurde bereits hervorgehoben (S. 604). Sie ist nur möglich durch den schrägen Weg, welchen der Flexor hallucis von der Fibula zur Großzehe nimmt. Indem er ihn im Gange der historischen Entwicklung fand, wurde er eine der Voraussetzungen, welche den dauernden aufrechten Gang des Menschen ermöglicht haben.

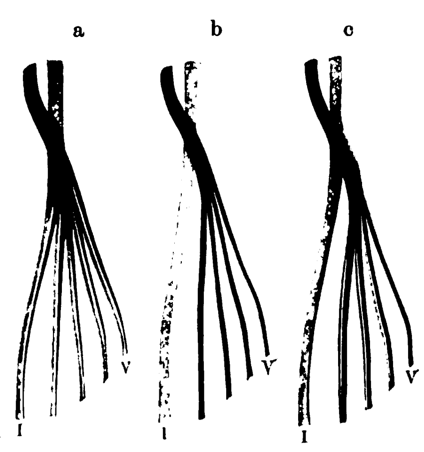


Abb. 300. Chiasma plantare. Schema (Ansicht wie in Abb. 299). Flexor fibularis grau, Flexor tibialis schwarz. a) Indifferenzzustand. b) Orang, Schimpanse, Mensch (Varietät). c) Mensch, gewöhnlicher Zustand, die seltenere Sehne zur 4. Zehe gestrichelt.

Fleisch und Sehne, Wirkung

Der sehr starke Muskelbauch des Flexor hallucis reicht besonders weit am Unterschenkel herab, weiter als bei den beiden anderen tiefen Beugern. Die parallelen Fasern stehen schräg zur Sehne; sie enden dicht am Knöchel mit scharfer Rundung, an der man den Muskel immer leicht von den Sehnen der beiden anderen Muskeln unterscheiden kann. In der Tiefe der Fußsohle gleitet die Sehne zwischen den beiden Bäuchen des Flexor hallucis brevis, gehalten durch die Sesambeine in den Insertionen dieses Muskels, tritt in die Sehnenscheide der Großzehe ein und inseriert an der Endphalanx (Abb. 311b).

Die Wirkung des Muskels als Großzehenbeuger ist beträchtlich und vermittelt dem Fuß das wichtige Abwickeln vom Boden. Dazu ist die Zehe besonders groß. Aber die Wirkung auf den Gesamtfuß ist nach den bereits geschilderten Beziehungen zum knöchernen Fußgerüst noch wichtiger. Der Muskel ist hauptsächlich Plantarflexor, aber auch Adduktor und Supinator des freibeweglichen Fußes (Spielbein, Abb. 315). Bei fixiertem Fuß (Standbein) unterstützt er das Fußgewölbe in der Richtung von vorn nach hinten (Abb. 295a); er verhütet hauptsächlich das Entstehen des Plattknickfußes (Pes valgus). Er nähert den Unterschenkel der Sohle oder senkt den Fuß, bis der Körper auf der Zehenspitze balanciert (Ballet).

Innervation: Nervus tibialis mit einem Zweig in die Oberfläche des proximalen Abschnittes des Muskels. Segmentale Nerven: L 5, S 1, S 2. Blutzufuhr: Arteria peronaea. Das Gefäß mit seinen Begleitvenen zieht in einem Kanal zwischen

Flexor hallucis und Fibula distalwärts (Abb. 299). Schleimscheide: Eine besondere Sehnenscheide, Vagina crurotarsalis (tendinis m. flexoris hallucis longi), umschließt die Sehne auf dem bogenförmigen Verlauf um die Fußwurzelknochen herum von der Hinterseite der Tibia an bis hinab zur Mitte der Planta. Auf sie folgt eine kurze nackte Strecke der Sehne. Etwas distal von der Basis des Metatarsale I. beginnt die derbe digitale Sehnenscheide, welche bis an die Insertion geht. Ein Zusammenhang der krurotarsalen und digitalen Sehnenscheide ähnlich der durchlaufenden Sehnenscheide des Daumens der Hand, existiert nie, auch nicht bei den übrigen Zehen.

Musculus flexor digitorum longus (Tab. Nr. 8), Abb. 293, 295b, 299, 311b, 315

Musculus flexor digitorum longus. Die Beziehung des Muskels zum Schienbein ist beim vorigen beschrieben. Er reicht an ihm bis zum M. popliteus proximalwärts (Abb. 295b). Die vertikale Crista (Margo) lateralis tibiae, welche von der Linea poplitea distalwärts zieht, ist die äußere Grenze des Muskelursprunges. Gewöhnlich entspringen Fasern von der Faszie auf dem M. tibialis posterior und wandeln diese zu Sehnenfasern um. Durch Vermittlung dieser Aponeurose leitet der Flexor longus seinen Ursprung meistens auf das distale Ende der Fibula hinüber. Man kann die Sehnenfasern häufig als Sehnenarkade präparatorisch isolieren (Abb. 299). Die Arkade überbrückt den Tibialis posterior oberhalb der Stelle, wo ihn der Flexor longus überkreuzt: Chiasma crurale. Die Kreuzung liegt im distalen Drittel des Unterschenkels. Hier ist das Muskelfleisch bereits zu Ende. Die Sehne liegt im Sulcus malleolaris hinter der Sehne des Tibialis posterior.

Retromalleolar folgen von vorn nach hinten aufeinander 1. Tibialis posterior, 2. Flexor digit. longus, 3. Flexor hallucis longus. Die beiden ersteren liegen gemeinsam im Sulcus malleolaris der Tibia, aber in getrennten Sehnenscheiden, der letztere auch in eigener Knochenrinne der Tibia (Abb. 295b). Überbrückt sind sie zu dritt vom Ligamentum laciniatum, welches sie gegen die Knochen angepreßt hält (Abb. 299). Nachdem die Sehne die Planta erreicht hat, kreuzt sie in der Höhe der Tuberositas navicularis zum zweiten Mal, diesmal mit dem Flexor hallucis: Chiasma plantare. Die Sehnenverbindung zwischen beiden Sehnen ist beim vorigen Muskel beschrieben. Bei beiden Kreuzungen liegt der Flexor digit. longus zu oberst. Nach der zweiten Kreuzung erhält die Sehne Sukkurs durch einen besonderen tarsalen Muskel: M. quadratus plantae (siehe kurze Fußmuskeln). Er bringt die Sehne des langen Zehenstreckers jeweils in eine solche Lage, daß sie fächerförmig in gerader Richtung auf die Längsachsen der dreigliedrigen Zehen ausstrahlt, wie auch diese Zehen stehen mögen.

Die vier Sehnen zur 2.—5. Zehe geben ihrerseits den vier Mm. lumbricales Ursprung. Sie verhalten sich genau so zu diesen Sehnen und zu den Dorsalaponeurosen der Zehen wie sich die gleichnamigen Muskeln der Hand zum Flexor digitorum profundus und zu den Dorsalaponeurosen der Finger verhalten.

Tendo perforans und Tendo perforatus

Die Endsehnen des Flexor digit. longus treten in die Digitalscheiden der dreigliedrigen Zehen ein und durchbohren hier die oberflächlicheren Sehnen des Flexor digit. brevis (siehe kurze Fußmuskeln). Die Sehnen des Flexor longus und Flexor brevis verhalten sich geradeso wie der Flexor profundus und der Flexor sublimis an den Fingern der Hand, Tendo perforans und Tendo perforatus.

Wirkung auf den Fuß wichtiger als auf die Zehen

Die Wirkung des Muskels auf die vier Zehen zusammen ist geringer als die des Flexor hallucis auf die eine Großzehe. Das geht schon aus der Masse des Muskelbauches hervor, die nicht halb so groß ist wie beim Großzehenbeuger; die dreigliedrigen Zehen sind eben viel kümmerlicher als die für die Abwicklung des Fußes wichtige Großzehe. Die Wirkung auf den Fuß im ganzen besteht beim Spielbein in Plantarflexion, Supination und Adduktion; dem Grade nach ist die Supination am stärksten, die Plantarflexion am schwächsten. Die Adduktionswirkung entspricht etwa der des M. tibialis posterior (Abb. 315). Wichtiger ist der Muskel beim Standbein; er unterstützt das Fußgewölbe, da die Sehne es unterfängt, und bewegt den Unterschenkel gegen die Ferse beim Erheben des Körpers auf die Zehen (Gehen, Tanzen).



Innervation: Nervus tibialis mit einem Nervenast proximal in die Oberfläche des Muskelbauches. Segmentale Nerven: L 5, S 1 (S 2). Blutzufuhr: Arteria tibialis posterior. Das Gefäßnervenbündel (Vasa tibialia posteriora und Nervus tibialis) läuft senkrecht in der Nische zwischen Flexor digit. longus und Tibialis posterior abwärts, bedeckt von dem tiefen Blatt der Fascia cruris (Abb. 293). Es liegt retromalleolar zwischen der Sehne der beiden langen Zehenbeuger, bedeckt vom Lig. laciniatum (Abb. 299). Schleimscheide: Die Sehne hat ihre besondere krurotarsale Scheide, welche vom Ligam. laciniatum bedeckt ist und ein wenig früher endet als die Sehnenscheide des Flexor hallucis. Außerdem hat jede der vier Endsehnen zu den Zehen ihre besondere derbe Digitalscheide, welche ca. $1^1/_2$ cm vor dem distalen Ende der Metatarsalia beginnt und an der Nagelphalanx endet. Eine Vereinigung der tarsalen und digitalen Sehnenscheiden (wie beim Kleinfinger der Hand) kommt nie vor. Entzündungen der Zehen (tiefe Phlegmonen) bleiben also zunächst auf den Vorfuß beschränkt. Die scharfe Trennung sämtlicher tarsaler und digitaler Sehnenscheiden am Fuß ist begründet in dem Austausch von Sehnenfasern (Junctura tendinum) zwischen den Sehnen der beiden langen Zehenbeuger, für welche ein Zwischenraum zwischen den Scheiden ausgespart bleibt, in welchem die Sehnen nackt sind.

e) Oberflächliche Muskeln auf der Hinterseite des Unterschenkels (Wadenmuskeln), Tabelle S. 592, Nr. 9—11.

Triceps surae

Die Insertion an der Hacke ist für die Muskeln dieser Gruppe gemeinsam. Die Anordnung ist so charakteristisch und äußerlich auffallend, daß auch dem Laien das Muskelfleisch dieser Gruppe als Wade (Sura) und die gemeinsame Sehne als Achillessehne (Tendo calcaneus Achillis) bekannt sind. Wegen der gemeinsamen Sehne faßt man die beiden Köpfe des M. gastrocnemius (Tab. Nr. 11) und den Muskelbauch des M. soleus (Tab. Nr. 9) als Triceps surae zusammen.

Der 3. Muskel der Gruppe, M. plantaris (Tab. Nr. 10), ist abortiv und hat eine von der Achillessehne meist leicht lösbare oder ganz selbständige dünne Sehne. Mit ihm zusammen wäre der Muskelkomplex vierköpfig (Quadrizeps); doch ist es wegen der genannten Gründe üblich, bei der Benennung den Plantaris nicht mitzuzählen.

Nach Befunden bei niederen Säugetieren wurde wahrscheinlich zuerst ein Muskel, der dem lateralen Kopf des Gastroknemius des Menschen entspricht, zu einem spezialistischen Beweger der Hacke. Der mediale Kopf des Gastroknemius, der Plantaris und der Soleus sind in der Reihenfolge, in welcher ich sie nenne, erst später aus jenem Muskel abgespalten worden. Beim menschlichen Embryo entwickelt sich die Wadenmuskulatur auf der fibularen Seite des Unterschenkels und ergreift erst nachträglich Besitz von der Tibia.

Rassenverschiedenheit der Wade

Der doppelarmige Hebel, welchen der Fuß bildet (Abb. 301), wird durch den Triceps surae von seinem kürzeren Arm aus, dem Fersenhöcker, in Bewegung gesetzt. Dazu ist eine besonders kräftige Muskelmasse notwendig. Je kürzer der Hebelarm ist, um so kleiner ist der Weg, welchen er zu machen hat, um so größer aber die Muskelkraft, welche nötig ist, um den gleichen Ausschlag des Vorfußes hervorzubringen wie bei längerem Fersenhöcker. Das ist von Belang für die Abwicklung des Fußes vom Boden unter der Belastung durch die Körperschwere, wenn wir gehen oder laufen. Gute Beispiele für das zugrunde liegende Formgesetz sind die rassenmäßigen Verschiedenheiten zwischen Neger (auch Australier u. a.) und Europäer. Man sagt gewöhnlich, der Neger habe keine Wade. Er hat in Wirklichkeit besonders lange Muskelfasern des Trizeps, welche weit an der Achillessehne herunterreichen, und dazu einen langen Fersenhöcker.

Denken wir uns den Fuß als einen Wagebalken mit ungleich langen Armen, ähnlich der antiken Wage mit Laufgewicht (Abb. 301 b), so wird man ein großes Gewicht mit kleinem Hebelarm und kurzem Ausschlag (Europäer), dagegen ein kleineres Gewicht mit längerem Hebelarm und größerem Ausschlag (Neger) kombinieren müssen, um den gleichen Ausschlag des gleichbelasteten Vorfußes zustande zu bringen. Die Muskelfasern sind gleich zahlreich, nur anders miteinander vereinigt. Eine bestimmte Anzahl gleich langer Gummifäden sämtlich nebeneinander, parallel

angeordnet, ergibt große Kraft und kurzen Weg (wie bei der Europäerwade). Werden immer je zwei oder drei Gummifäden hintereinander geknüpft und dann erst die so gewonnenen Fäden parallel geordnet, so ergibt sich großer Weg und geringe Kraft (wie beim Neger). Die verschieden starke Übersetzung durch die Ferse korrigiert diese Verschiedenheiten. Daher kann der Neger nicht weniger gut laufen als der Europäer, sondern gerade er ist besonders fähig zum Marschieren unter starker Belastung. Das Muskelfleisch ist gleichmäßiger verteilt und deshalb nicht so prominent wie bei der Europäerwade. Letztere hat den Vorteil größerer Ökonomie. Je nach der Belastung können mehr oder weniger viele der parallel geordneten Fasern in Betrieb gesetzt werden.

Das Gesamtgewicht der Wadenmuskulatur bei einem kräftigen Manne ist auf 795 g bestimmt worden, d. h. reichlich 10% sämtlicher übrigen langen plus sämtlicher kurzen Fuß- und Zehenmuskeln des gleichen Individuums. Ein solches Übergewicht zugunsten der Plantarflexion des Fußes kommt dem Stehen und Gehen zugute. Da das Körpergewicht gewöhnlich so gelegt wird, daß ein Lot aus dem Schwerpunkt des Oberkörpers in den Vorfuß fällt, so schützt die Wade vor dem Vornüberfallen, indem sie den Unterschenkel gegen den Fuß fixiert (Standbein). Der eingelenkige Schollenmuskel (M. soleus) hat ganz besonders diese Aufgabe. Umgekehrt ist die Wirkung der beiden Wadenmuskeln, Gewicht der Wade (Spitzfußstellung)

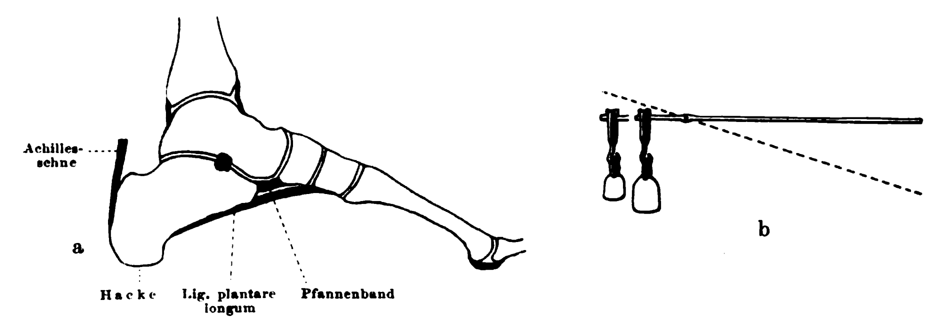


Abb. 301. a) Fußgewölbe, zweiarmiger Hebel, drehbar in der Gabel des Unterschenkelknochens (siehe Abb. 304). b) Schema zweier Wagebalken mit Laufgewicht (in eine Abbildung zusammengezogen). Das kleinere Gewicht am langen Hebelarm entspricht dem Typus Heger, das größere am kurzen Hebelarm dem Typus Europäer.

welche außer dem Fußgelenk auch das Kniegelenk überspringen, des M. plantaris und vor allem des M. gastrocnemius, auf das Knie nur gering.

Es liegt eine gewisse Gefahr in der großen Kraftquelle der Wade. Denn es gibt, wie wir gesehen haben, nur drei Muskeln, welche den Fuß dorsal flektieren (Tab. Nr. 1—3); sie hatten bei dem oben erwähnten Individuum 226 g Gesamtgewicht gegenüber 795 g Wadengewicht. Sie greifen am Vorfuß an und können, weil er der große Hebelarm ist, der Wade das Gleichgewicht halten. Anders wenn die Muskeln gelähmt sind (Beispiel: akute Spinalparalyse der Kinder); dann gewinnt die Wade das Übergewicht und zwingt den Fuß in Spitzfußstellung (Pes equinus, Pferdefuß).

Da der Fersenhöcker exzentrisch zur Mittelebene des Fußes steht (Abb. 298b), so wird der Fuß durch den Trizeps nicht rein plantar flektiert, sondern es gesellt sich eine starke adduktorische und schwächere supinatorische Komponente hinzu.

Die Loge für die Wadenmuskulatur (Abb. 293, hellblau) ist außen von der Fascia cruris superficialis begrenzt; in der Tiefe ist sie von der Tibia, der Fascia cruris profunda, der Fibula und deren Verbreiterung, dem Septum intermusculare posterius, ausgekleidet. Nach dem Fuß zu entfernt sich die Achillessehne, Tendo calcaneus, von dem tiefen Blatt der Faszie (Abb. 302, 299). Den Zwischenraum füllt Fett und in diesem ein Schleimbeutel aus, welcher zwischen Achillessehne und Oberrand des Kalkaneus eingeschaltet ist: Bursa tendinis calcanei (Achillis, Abb. 295b). Sie verhindert ein Reiben der Sehne am Knochenrand. Die Achillessehne selbst ist die stärkste Sehne des ganzen Körpers. Sie verschmälert sich von oben nach unten, wird aber kurz Loge der Wadenmuskeln, Achillessehne

über der Insertion wieder breiter, so daß die engste und zugleich dickste Stelle etwas über der Hacke liegt. Bei abgemagerten Individuen, bei denen das Fett unter der Sehne geschwunden ist, tritt am Lebenden die sanduhrähnliche Einziehung deutlich hervor. Sie ist bedingt durch schräg kreuzende Fasern, die vom einen Rand der Sehne zum entgegengesetzten Rand der Ansatzstelle hinüber und herüber ziehen. Die Insertion liegt an der prominentesten Stelle des Knochens, nämlich an der besonders glatten mittleren Partie der Hinterfläche des Fersenhöckers. Auf diese für die ganze Wadenmuskulatur gemeinsamen Verhältnisse soll bei den einzelnen Muskeln nicht mehr zurückgekommen werden.

Musculus soleus (Tab. Nr. 9), Abb. 293 bis 295, 299, **302**

Musculus soleus. Der Name „Schollenmuskel" (Solea = Seezunge) ist sehr treffend. Der Muskel ist platt, dick und sehr kräftig. Er entspringt mit dem oberen zugespitzten Ende von beiden Unterschenkelknochen (Abb. 295b), von der Fibula proximaler als von der Tibia und überbrückt zwischen beiden das Gefäßnervenbündel, welches aus der Kniekehle in die tiefe Loge des Unterschenkels eintritt. Die dicke Muskelmasse, welche den Zwischenraum zwischen Tibia und Fibula überbrückt, nennen wir Arcus solei. Sie ist äußerlich auffallend wenig sehnig. Aber sie ist immer auf der Unterfläche aponeurotisch verfestigt. Die Oberfläche des Muskels ist zart aponeurotisch, silberglänzend (Abb. 302); sie ist die Gleitbahn für den Gastroknemius, welcher den Muskel ähnlich deckt, wie am Oberarm der Bizeps den Brachialis. Wie dort ist auch an der Wade ein Vorspringen des Gastroknemius mit bedingt durch die Unterfütterung durch den tieferen Muskel, sowie dieser schwillt. Der Soleus ragt beiderseits über den Gastroknemius heraus (Abb. 294). Seine Wülste quellen hier bei Kontraktion der Wade vor und werden beim Lebenden äußerlich sichtbar.

Im Innern ist der Muskel durch ein frontal gestelltes, sehniges Septum vollständig in zwei Lagen geteilt (Abb. 293). An der Unterfläche sind die Ränder des Septums als feine sehnige Streifen beiderseits kenntlich. Die tiefe Lage besteht aus querverlaufenden Zügen, die an einer medianen Raphe inserieren. Die oberflächliche Lage ist viel dicker. Die Fasern konvergieren schräg von beiden Seiten und reichen viel tiefer distalwärts als das Muskelfleisch des Gastroknemius. Die Sehne, zu welcher sie sich vereinigen, ist der tiefe, dickere Teil der Achillessehne. Bei Tieren ist er selbständig; für den Menschen ist charakteristisch, daß der Soleus- und Gastroknemiusanteil der Achillessehne völlig verschmolzen sind.

Wirkung beim Stehen und Gehen

Die Wirkung des Soleus ist direkt nur möglich auf das Fußgelenk, da der Muskel eingelenkig ist. Die tiefen Fasern überspringen den Zwischenraum zwischen Tibia und Fibula und beschränken hier ihre Tätigkeit darauf, den Zusammenhalt der Unterschenkelknochen zu sichern und das darüber liegende Muskelfleisch vorzuwölben. So wird das Moment der auf das Fußgelenk wirkenden Wadenmuskeln erhöht. Er ist beim Standbein der wichtigste Muskel, der uns vor dem Vornüberfallen im Fußgelenk sichert. Sein Muskelfleisch ist auffallend kurz. Deshalb ist sein Arbeitsgebiet beim Abwickeln des Fußes vom Boden beschränkt. Das Fehlende leistet der Gastroknemius. Innerhalb seiner Sphäre ist der Soleus sehr kräftig und für sparsame Dauerleistungen sehr geeignet.

Innervation: Nervus tibialis mit zwei selbständigen Ästen zur oberflächlichen Hauptschicht und zur dünnen Tiefenschicht (der M. plantaris liegt häufig zwischen den beiden Nervenästen). Die Äste treten hoch oben in die Unterfläche des Muskels ein. Segmentale Nerven: (L 4), L 5, S 1 (S 2). Blutzufuhr: Arteria tibialis posterior, Arteria peronaea. Beim Aufsuchen der Arteria tibialis (Unterbindung) ist die tiefe Schicht des Soleus zu beachten; erst wenn sie durchtrennt ist, kann man das Gefäß finden.

Musculus plantaris (Tab. Nr. 10)

Musculus plantaris. Das Muskelfleisch ist nur wenige Zentimeter (3—7) lang und geht schon in Höhe der Kniegelenkspalte oder hoch oben am

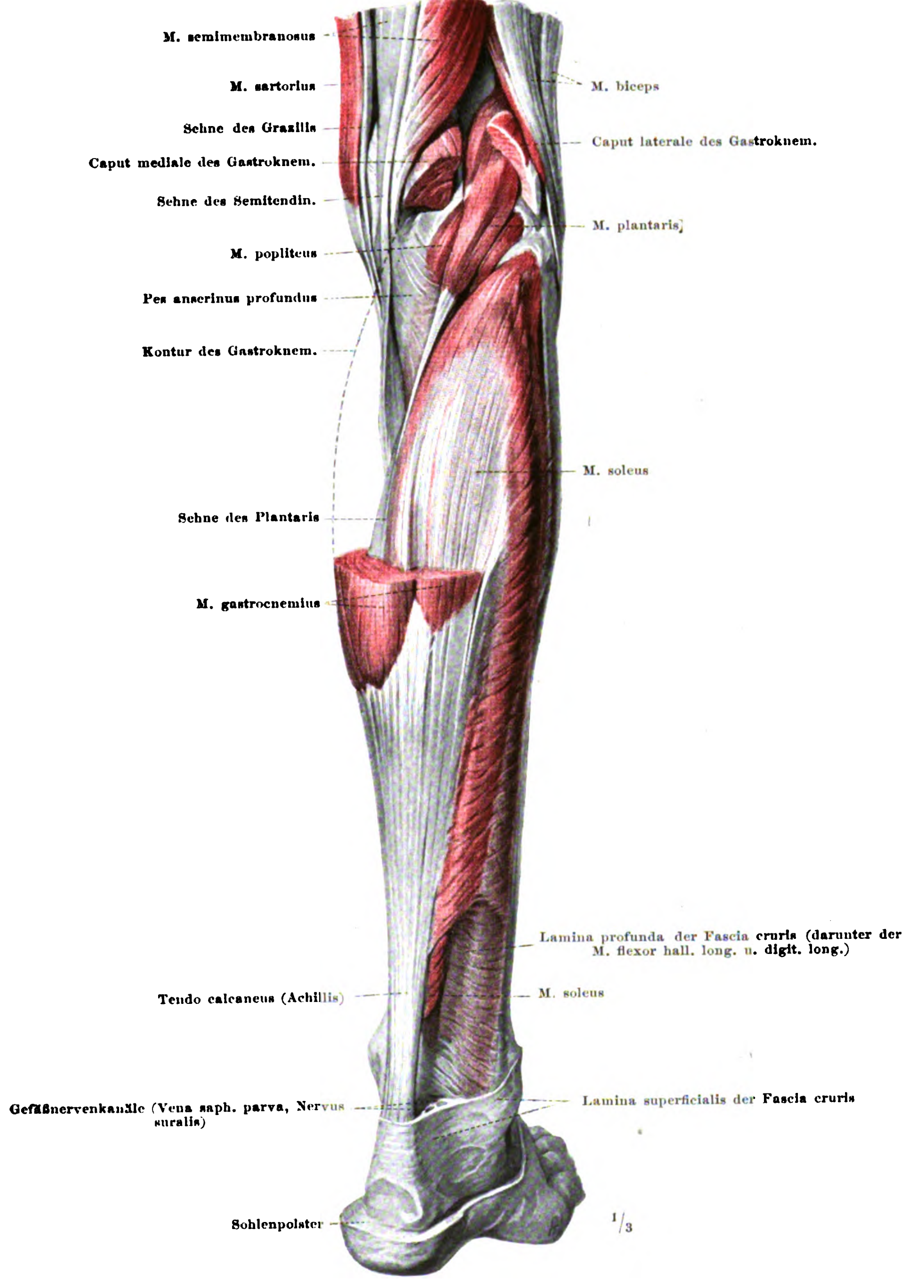


Abb. 302. Muskeln der Hinterseite des Unterschenkels, Gastroknemius z. T. entfernt. Fuß in Normalstellung.

Abb. 131, 246 b, 293, 299, 302

Unterschenkel in die dünne, bandartige Sehne über, welche schräg zwischen Gastroknemius und Soleus in fettreichem Bindegewebe, der Gleitbahn der beiden Muskeln, eingebettet liegt. Muskelfleisch hat hier wegen der Reibung der mächtigen Nachbarn gegeneinander keinen Platz. Der Muskel kann ganz fehlen oder mit dem lateralen Kopf des Gastroknemius verschmelzen. Der Ursprung reicht am Femur höher als der des lateralen Gastroknemiuskopfes hinauf, aber nicht höher als der des medialen Gastroknemiuskopfes (Abb. 246b). Der Plantaris liegt, soweit er nicht vom Gastroknemius bedeckt ist, frei gegen die Kniekehle vor und begrenzt die untere äußere Seite der Knieraute. Die Insertion am Kalkaneus (Abb. 299) ist sehr variabel. Sie liegt medial von der Achillessehne, ist mehr oder minder selbständig und erreicht manchmal die Hacke nicht, sondern endet vorher in der Fascia cruris oder erreicht medial um den Kalkaneus herum die Plantaraponeurose.

Beziehung zur Plantaraponeurose und zum Flexor digitorum brevis

Er wirkt wie der Trizeps, aber nur sehr schwach, er spannt insbesondere die Kniegelenkkapsel und schützt die mediale Wand der Bursa tendinis calcanei. Geht er zur Plantaraponeurose, so spannt er diese wie der Palmaris longus die Palmaraponeurose der Hand. Der Muskel kann noch einen distalen Muskelbauch aufweisen als Rest des früher ausgedehnteren Muskelfleisches, Digastricus surae. Die bei Homo gelegentliche, bei niederen Affen und Halbaffen weit verbreitete Beziehung zur Plantaraponeurose scheint primitiv zu sein. Der Flexor digit. brevis der Fußsohle wird vom Plantaris genetisch abgeleitet. Doch sind die Zwischenstufen wenig sicher. Die Absonderung des suralen vom plantaren Abschnitt ist durch das Hemmnis entstanden zu denken, welches der Fersenhöcker hervorbrachte. Daraus läßt sich eine Vorstellung gewinnen, wie ganz allgemein die eigentlichen Wadenmuskeln aus Plantarflexoren spezialisiert worden sind.

Innervation: Nervus tibialis mit einem Ast innerhalb der Kniekehle. Segmentale Nerven: (L 4), L 5, S 1. Blutzufuhr: Äste der Arteria poplitea.

Musculus gastrocnemius (Tab. Nr. 11), Abb. 131, 246b, 248, 293, 294, 302

Musculus gastrocnemius. Die beiden getrennten Ursprungsköpfe sind dick und fleischig. Sie begrenzen (der mediale allein, der laterale zusammen mit dem Plantaris) die beiden unteren Seiten der Knieraute (Abb. 131). Der mediale Kopf, der historisch jüngere von beiden, ist der kräftigere. Er reicht höher am Femur hinauf und tiefer an der Endsehne abwärts als der laterale Kopf. Infolgedessen hat die Abgrenzung des Muskelfleisches gegen die Sehne, die etwa in der Mitte des Unterschenkels zu suchen ist, die Form einer Treppenstufe (Abb. 302). Das tritt auch äußerlich beim Lebenden hervor, wenn man den Körper auf die Fußspitzen erhebt: besonders der mediale Kopf springt als starker Wulst an der Innenseite des Unterschenkels vor.

In dem Spalt zwischen beiden Gastroknemiusköpfen liegen die Vena saphena parva und der Nervus cutaneus surae medialis, meistens zwischen zwei Blättern der oberflächlichen Faszie oder unter ihr. Die Unterfläche der Muskelbäuche ist sehnig glänzend. Sie gleitet auf der entsprechenden Fläche des Soleus.

Gemeinschaft mit Soleus und Quadriceps femoris

Die Wirkung auf das Fußgelenk zerfällt in eine unmittelbare und mittelbare. Im ersteren Sinn dient der Muskel der Plantarflexion, Adduktion und Supination des Fußes; er kann auch den Unterschenkel gegen den Fuß fixieren und dadurch den Soleus unterstützen. Die Leistung des letzteren kann beim Abwickeln des Fußes durch den Gastroknemius mittelbar ganz beträchtlich erhöht werden. Der eigentliche Antrieb geht dabei vom Quadrizeps aus, welcher das Standbein streckt (Abb. 289 a) und dadurch die Ursprünge des Gastroknemius am Femur in die Höhe lupft. Ersterer wird dadurch zu einem Hauptfußbeweger. Der zweigelenkige Gastroknemius und der in seinem Rektusanteil ebenfalls zweigelenkige Quadrizeps vereinigen sich in diesem Fall zu einer Arbeitsgemeinschaft, die vom Becken bis zur Ferse — mit Zwischenschaltungen von Knochen und Bändern am Knie — in einem Zug herabläuft und automatisch jedem der übersprungenen Gelenke die für das Gehen günstigste Stellung gibt. Wir sehen hier wieder den Fall, daß zwei Muskeln, die an einer Stelle als reine Antagonisten arbeiten (Kniegelenk), an einer anderen

Stelle synergetisch tätig sind (Heben der Ferse). Die Wadenmuskulatur im ganzen ist durch die Kombination des eingelenkigen Soleus mit dem zweigelenkigen Gastroknemius sowohl auf sparsame Dauerleistungen — bei andauerndem Gehen — wie auf kurzdauernde Höchstleistungen — beim Laufen und Springen — eingerichtet.

Das Moment für die Einleitung der Bewegung im Knie ist gering, weil der Muskel zu wenig hoch am Femur hinaufreicht. Bei zunehmender Kniebeuge vermehrt sich die Wirkung; sie ist bei tiefer Kniebeuge am stärksten. Tiefe Kniebeuge und Plantarflexion, die wegen des Gleichgewichts gemeinsam erfolgen, werden beide vom Gastroknemius gefördert.

Innervation: Nervus tibialis mit getrennten Ästen zu der Unterfläche der beiden Köpfe. Segmentale Nerven: (L 4), L 5, S 1, S 2. Blutzufuhr: Arteriae surales aus der Arteria poplitea. Schleimbeutel: Der mediale Gastroknemiuskopf wird vom M. semimembranosus bedeckt und etwas lateralwärts gedrängt. Die sehnig verstärkten Reibungsflächen gleiten gegeneinander mittels eines zwischengeschalteten Schleimbeutels, Bursa gastrocnemiosemimembranosa (S. 577, Nr. 3 und 4). Sesambein: Dem äußeren Ursprungskopf ist beim Mann in 10% der Fälle, bei der Frau seltener ein Sesambein eingelagert (Favella, S. 561). Diese Stelle liegt versteckt unter dem Biceps femoris und dem Nervus peronaeus, welcher dem inneren Rande des Bizeps entlang läuft. Varietät: Ein 3. Kopf des Gastroknemius kann zwischen lateralem und medialem Kopf vorkommen. Er ist ein Relikt auf dem Weg, den der mediale Kopf nahm, als er vom lateralen Kopf abgespalten wurde und medialwärts rückte (S. 610). Der laterale Kopf kann ganz fehlen.

f) Die Gruppenfaszie des Unterschenkels.

Eine gemeinsame Faszie hüllt sämtliche Muskeln und Knochen des Unterschenkels ein, Fascia cruris (Abb. 293). Über der Wade heißt sie auch F. surae. Die vorderen Muskeln entspringen an der Fascia cruris. Daher ist sie proximal aponeurotisch verstärkt. Außerdem strahlen Sehnenzüge aus den Oberschenkelmuskeln in sie ein; medial dient der Pes anserinus superficialis und lateral eine ebenfalls dreizipfelige Ausstrahlung der Bizepssehne zur Verstärkung (Abb. 294). Die hinteren Muskeln (Wadenmuskeln) sind verschieblich gegen die Fascia cruris (F. surae), weil sie über das Kniegelenk proximalwärts reichen. Sie haben deshalb keine Ursprungsbefestigungen an ihr wie die vorderen Muskeln. **Teile der Faszie, Logen**

Distalwärts geht die Fascia cruris über in die Fascia pedis, deren plantare Partie besonders ausgebildet ist: Aponeurosis plantaris. Gemäß den einzelnen Gruppen von Muskeln, die wir beschrieben haben, unterscheiden wir eine vordere und eine laterale Loge, welche nebeneinander liegen und zwei hintere Logen, welche übereinander geschichtet sind (Abb. 293). Die vordere und die laterale Loge werden voneinander geschieden durch das Septum intermusculare (fibulare) anterius. Die laterale Loge ist von der hinteren oberflächlichen Loge (Wadenmuskeln) getrennt durch das Septum intermusculare (fibulare) posterius. Zwischen der oberflächlichen und tiefen hinteren Loge liegt das tiefe Blatt der Fascia cruris. Die genannten fibrösen Wände stehen mit der Fascia cruris in kontinuierlicher Verbindung.

Auf die Beziehungen zu den Knochen und auf die osteofibröse Ausstattung der Logenwände im einzelnen komme ich hier nicht zurück. Sie ist bei den einzelnen Muskelgruppen des Unterschenkels beschrieben worden.

Da der Fuß in der Normalstellung rechtwinklig zum Unterschenkel steht, so müssen die Sehnen der langen Muskeln ebenfalls fast im rechten Winkel umbiegen, um von den Logen, in welchen sie am Unterschenkel gleiten, an ihre Insertionsstelle am Fuß oder an den Zehen zu gelangen. Die Fascia cruris hat an der Knickstelle bestimmte Verstärkungen, unter welchen die Sehnen in besonderen Fächern hinwegziehen, ähnlich wie an der Handwurzel. Nur sind **Vordere und laterale Verstärkungen an der Fußwurzel**



an der Fußwurzel die Einrichtungen spezialisierter und derber, um dem größeren Kraftaufwand, der besonderen Stellung des Fußes und der Belastung durch das Körpergewicht gerecht werden zu können. Gemeinsame Gleitbahnen für viele Sehnen wie im Canalis carpi der Hand gibt es nicht, sondern die einzelnen Sehnen sind möglichst in besonderen Fassungen gesondert; wo aber aus einem Muskel mehrere Sehnen entspringen, kann streckenweise die Scheide für diese gemeinsam sein.

Auf der Vorderseite der Fußwurzel sind das Ligamentum cruciatum und oberhalb der Knöchel das Ligamentum transversum in die Fascia cruris eingewebt (Abb. 294). Beide drängen die Sehnen der vorderen Muskeln gegen das Skelett hin. Der Muskelzug wird an der Biegungsstelle der Sehnen vom Kreuzband zum Teil abgeleitet auf die Fußwurzel und kommt dieser unmittelbar zugute. Das obere äußere Stück des Kreuzbandes ist meistens sehr dünn, oder es fehlt ganz. Das Band ist in der Regel Y-förmig.

Unter ihm liegen drei Fächer, deren Schleimscheiden bereits bei den drei vorderen Muskeln erwähnt wurden. Die fibröse Scheidewand zwischen Tibialis ant. und Flexor hallucis ragt bis unter das Ligamentum transversum des Unterschenkels hinauf, diejenige zwischen den beiden Zehenstreckern (Abb. 294) überschreitet das Lig. cruciatum nicht. Für das Fach des Extensor digit. longus (Peronaeus tertius) gibt es eine besondere Verstärkung, das Schleuderband, Ligamentum fundiforme (Abb. 295a). Wie der Name besagt, umfaßt es die Sehne wie eine Schleuder. Es entspringt im vorderen Teil des Sinus tarsi am Kalkaneus und ist auf der höchsten Kuppe des Kreuzbandes mit diesem verlötet. Die lateralen Schenkel beider Bänder sind miteinander identisch.

Die Sehnenscheiden, welche die Fächer auskleiden, sind an ihren blinden Enden besonders nachgiebig, um dem Hin und Her der sich verschiebenden Sehnen ausreichend folgen zu können. Der Ausschlag beträgt beim Erwachsenen 3,5 bis 6 cm bei den einzelnen Sehnen. Das proximale Ende der Sehnenscheide, welches dem stärksten Zug ausgesetzt ist, ist nach innen zu gefaltet. Die Falte verstreicht in den extremen Stellungen des Fußes und gibt dadurch der Verschiebung Spielraum. Die Sehnen sind je mit einem breiten, mesenteriumartigen Mesotenon mit der Umgebung verbunden und erhalten durch dieses ihre ernährenden Gefäße. Das Mesotenon liegt an der den Reibungen am wenigsten ausgesetzten Seite der Sehne.

Lateral sind die Retinacula peronaeorum in die Fascia cruris eingelassen (Abb. 294). Die Sehnen des Peronaeus longus und brevis werden durch das Retinaculum peronaeorum superius hinter dem Malleolus lateralis, durch das Retinaculum peronaeorum inferius am Kalkaneus angeheftet.

Die Beweglichkeit der Sehnen in ihren Scheiden beträgt 2—3 cm. Über die krurotarsale und plantare Sehnenscheide siehe S. 601. Ein Mesotenon ist in jedem Fach für jede Sehne vorhanden, nur in der Regel nicht in dem unteren Abschnitt des Faches für den Peronaeus brevis.

Mediale Verstärkung an der Fußwurzel

Medial hinter dem inneren Knöchel ist die Fascia cruris verstärkt zum Ligamentum laciniatum (Abb. 299). Die Oberfläche dieses Bandes verbindet den inneren Knöchel mit dem Fersenhöcker und deckt den Ursprung des M. abductor hallucis. Eine tiefe Partie senkt sich mit Septen zwischen die drei Sehnen ein, welche unter dem Band passieren (Tibialis posterior, Flexor digit. longus, Flexor hallucis longus). Das vordere Septum (zwischen Tibialis und Flexor digit.) ist proximalwärts besonders dünn.

Da der Tibialis posterior kein Mesotenon hat, so ist eine operative Auswechslung zwischen den beiden Nachbarsehnen besonders leicht. Der Chirurg kann auf diese Weise einen gesunden Muskel an die Sehne des gelähmten spannen und der Sehne neue Triebkraft zuführen. Selbst durch das Ligamentum interosseum hindurch sind Auswechslungen dieser Art möglich, wenn der künstliche Schlitz mit dem natürlichen Gleitgewebe der Sehnenscheiden ausgepolstert und das ernährende Mesotenon geschont wird. Aus diesen Erfahrungen ist ersichtlich, wie lebenswichtig die Schleimscheiden für die Knick- und Reibungspunkte der Sehnen sind. Die Schleimscheiden für die drei tiefen Flexoren sind voneinander getrennt. Sie

sind bei den betreffenden Muskeln beschrieben. Zwischen die beiden Zehenbeuger ist eine sehr derbe Scheidewand eingeschoben, welche verstärkt ist durch einen Knochenhöcker des Talus (Processus posterior tali, Abb. 299). Es gibt ein viertes Fach für ein Gefäßnervenbündel (Vasa tibialia posteriora, N. tibialis).

8. Band- und Gelenkverbindungen des Fußes als passive Bewegungsfaktoren: Das Sprunggelenk und die Gelenke des Vorfußes.

a) Allgemeines.

Wegfall des „Fuß-daumens"

Mehr noch als bei den Karpalia und Metakarpalia der Hand ist beim Fuß der von den Tarsalia und Metatarsalia mosaikartig zusammengesetzte Komplex als Einheit zu behandeln (Abb. 311a). Vor allem fehlt die freie Beweglichkeit der Großzehe analog derjenigen des Daumens. Das Gelenk zwischen Kuneiforme I. und Metatarsale I. ist zwar beim menschlichen Fötus noch ein Sattelgelenk und wiederholt darin die dem „Greiffuß" zukommende Form, auf welcher bei Affen die Bewegungen ihres „Fußdaumens" beruhen. Aber in der embryonalen und postembryonalen Entwicklung des Menschen

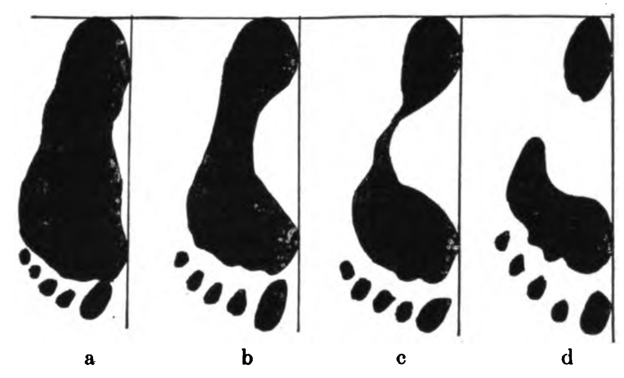


Abb. 303. Sohlennische, Fußabdrücke verschiedener Individuen. a) Plattfuß. b—d) Normale Füße mit verschieden hoher Wölbung (aus Treves-Keith S. 437).

sind alle Stadien des Übergangs in eine straffe Amphiarthrose festgestellt; nur selten bleibt beim Erwachsenen als atavistischer Rest die Sattelform der Gelenkfläche, aber nie die Beweglichkeit dieser Stelle übrig.

Die Basis des Metatarsale I. ist durch den Peronaeus longus, der sie den übrigen Zehen zudreht (ähnlich dem Opponens beim Daumen der Hand) und durch Kapselverstärkungen in Oppositionsstellung starr fixiert. Die Festlegung der Peronaeussehne, welche der Erhaltung des Fußgewölbes dient (Abb. 311 b), ist automatisch von der Erstarrung des Gelenkes zwischen Tarsus und Metatarsus begleitet. Für den Fuß des Menschen, der beim dauernden Stehen und Gehen die ganze Körperlast zu tragen hat, ist der Verzicht auf den „Fußdaumen" ein wichtiger Schritt, welcher die völlige Aufrichtung des Körpers vorbereitete. Die Körperlast wird auf die 5 Köpfe der Metatarsalia verteilt und leichter getragen.

Fuß-gewölbe, Sohlen-nische

Anstatt mit der ganzen Fußfläche den Boden zu berühren, hat bekanntlich der normale menschliche Fuß eine nischenartige Aushöhlung (Abb. 303), welche vom inneren Fußrand in individuell wechselnder Tiefe nach dem äußeren Fußrand zu vordringt, ihn bald voll, bald nur annähernd erreicht oder fern von ihm endet. Fehlt die Sohlennische ganz, so ist der Fuß meist abnorm (Plattfuß). Diese Verschiedenheit kann allerdings auf einer starken Ausbildung der kurzen Fußmuskeln beruhen. Beim Neger z. B., welchem irrtümlich Plattfüße nachgesagt werden, ist das eigentliche Fußgewölbe nicht schlecht ausgebildet; es ist nur ausgefüllt durch starke Muskelmassen. Aber beim Europäer ist in der



Regel eine tiefe Sohlennische der Ausdruck einer besonders hohen Wölbung des Fußes und umgekehrt; beim Neugeborenen pflegt sie allerdings auch durch Weichteile ausgefüllt zu sein. Das Fußgewölbe ist begründet in der Anordnung des Skeletts (Abb. 301a). Der Talus ruht als Schlußstein zuoberst auf dem Kalkaneus und Navikulare, letzteres auf den Kuneiformia und den inneren Metatarsalia. Da der innere Fußrand viel stärker gewölbt ist als der äußere, so ist er besonders befähigt, die Körperlast zu tragen.

Damit steht die starke Entfaltung der Großzehe im Zusammenhang; sie ist ein besonderer, nur dem Menschen eigener Apparat zum Abrollen des Fußes vom Boden. Die Nischenform der Planta ist begründet durch die höhere Wölbung des medialen Fußrandes gegenüber dem lateralen.

Die Frage nach den ersten Gründen der Gewölbekonstruktion des Fußskeletts selbst ist nur ganz hypothetisch zu beantworten. Sie ist keine Folge, sondern eine Voraussetzung für den spezifisch menschlichen Gang. Es ist ein ansprechender Gedanke, der durch die Lebensweise der anthropoiden Affen und niederen Menschenrassen nahegelegt wird, daß das Baumleben die Entstehung des menschlichen Fußgewölbes ermöglichte. Der „Hangeler" ist in der Lage, die Körperlast mit den Armen zu tragen. Noch jetzt sind die Faserrichtungen unseres Pectoralis major und Deltoides besonders günstig für diese Stellung (Klimmzug). Nahm der unbelastete Fuß des Hangelers eine Gewölbeform ähnlich der unserigen an (etwa beim Umfassen der Bäume u. dgl.), so war die entscheidende Erfindung von der Natur gemacht, die dem Hangeler erlaubte, sie auszunutzen und auszubauen, soweit das Gewölbe als Traggerüst für die Körperlast bereits anwendbar war. Denn der Hangeler kann die Belastung des Fußes variieren, indem er von seinem Körpergewicht mehr oder weniger mit den Armen trägt. Der Quadrupede dagegen bringt immer gleich die ganze Körperlast auf das Fußgewölbe und merzt deshalb alle Ansätze zu Gewölbekonstruktionen des Fußes aus, anstatt sie zu begünstigen.

Das Sprunggelenk ist gekammert, aber eine biologische Einheit

Die aus Tarsalia, Metatarsalia, aus zugehörigen Muskeln und Bändern zusammengefügte Einheit, das Fußgewölbe, ist im ganzen gegen das Bein beweglich. Wie das Handgelenk aus verschiedenen, anatomisch getrennten Kammern besteht, so auch dieses Gelenk. Ich nenne es im ganzen Sprunggelenk. Es gibt zwei Hauptabteile, ein anatomisch einheitliches oberes Sprunggelenk, Articulatio talocruralis (Abb. 304), und ein davon unabhängiges, anatomisch nicht einheitliches unteres Sprunggelenk, A. talotarsalis. In beiden Fällen ist das Sprungbein, Talus, beteiligt. Das eine Gelenk liegt über ihm, supertalar, das andere unter ihm, subtalar.

Das Sprungbein ruht als Schlußstein des Fußgewölbes auf zwei Nachbarknochen, dem Kalkaneus und Navikulare. Es hat anatomisch getrennte Verbindungen mit diesen. Daher zerfällt das subtalare Hauptabteil in zwei Unterabteile, eine vordere und eine hintere Kammer. Nach den beteiligten Knochen nennen wir die hintere Kammer: Articulatio talocalcanea, hinteres unteres Sprunggelenk; die vordere Kammer heißt Articulatio talocalcaneonavicularis, vorderes unteres Sprunggelenk. Es ist biologisch wichtig, daß die beiden räumlich getrennten Abschnitte des unteren Sprunggelenkes gemeinsam arbeiten müssen wie bei einer Tür, welche sich in zwei Angeln dreht. Die Sicherheit der Führung und Stützung ist größer, wenn zwei Drehflächen statt einer bestehen.

Faßt man am Präparat das Sprungbein mit der Hand, so kann man es in der Gabel der Unterschenkelknochen (supertalar) mitsamt dem Fuß auf- und abbewegen, ohne daß das untere Sprunggelenk sich bewegt; ebenso kann man das Sprungbein mitsamt dem Unterschenkel gegen den übrigen Fuß in bestimmten Richtungen bewegen (subtalar), ohne daß im oberen Sprunggelenk eine Bewegung statthat. Im lebenden Körper fehlen aber die Sperrmuskeln, welche nötig wären, um das Sprungbein in einem der Hauptgelenke zu fixieren, während es im anderen bewegt wird. Es ist der einzige Fußwurzelknochen, der gar keine Muskelansätze trägt (Abb. 311). Er bewegt sich wie eine

Kugel in einem Fahrradlager, welche den benachbarten Schleifflächen folgt. Die Muskeln, welche über das Sprungbein hinweg ziehen, bewegen unmittelbar den Vorfuß, die Hacke oder den Unterschenkel und nehmen dabei das Sprungbein mit, wirken also im oberen und unteren Sprunggelenk gleichzeitig. Nur wenn die Bewegung in einem der beiden Sprunggelenke abgelaufen ist und eine Weiterbewegung in der betreffenden Richtung in dem anderen noch möglich ist, wird sie von der Muskulatur in letzterem allein erzwungen werden können. Die Sperrung erfolgt passiv, nicht durch aktive Spannung lebendiger Muskeln. Gehen wir also von dem aktiven Element, den Muskeln, aus, so ist das Sprunggelenk, trotz seiner Zerlegung in Haupt- und Unterabteile, als etwas

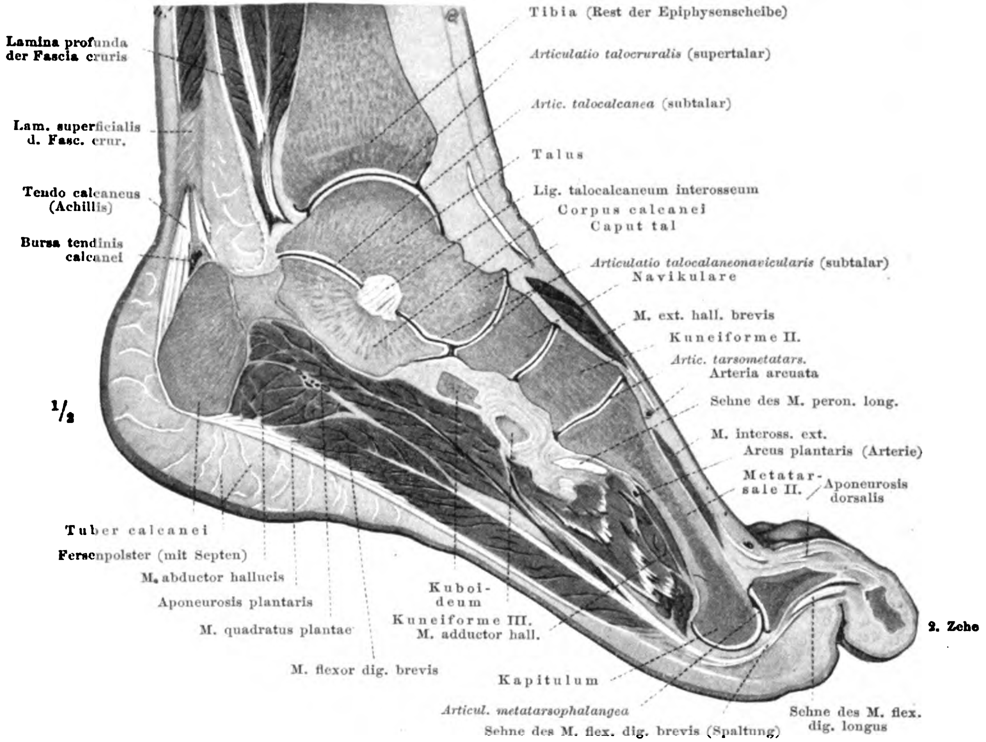


Abb. 304. Sagittalschnitt durch den Fuß, Gefrierschnitt. Der Fuß steht stark plantarflektiert zum Unterschenkel wie beim Stehen auf den Zehenspitzen (das Präparat ist in dieser Stellung abgebildet).

Einheitliches zu betrachten; dieser Gesichtspunkt ist von vornherein im Auge zu behalten, wenn wir zunächst die Form der einzelnen Kammern untersuchen.

Die Einrichtungen sind als ein biologisches Ganzes betrachtet verhältnismäßig einfach; denn beim Fuß wie bei der Hand ist die Gesamtbewegung ähnlich wie in einem Kugelgelenk. Nur ist der Bewegungsmechanismus der Hand in den einzelnen Teilen komplizierter, weil die Pro- und Supination im Unterarm hinzugehört, während die Pro- und Supination des Fußes im Sprunggelenk selbst lokalisiert ist.

Reine Rotationen des Fußes um seine Längsachse sind im Sprunggelenk ebensowenig wie im Handgelenk möglich, dagegen sind wie dort bestimmte Grade einer Rotation mit den Ab- oder Adduktionen plus Flexionen zwangsläufig kombiniert (S. 423).

Allgemeine Charakterisierung der übrigen Fußwurzelgelenke (Lisfranc, Chopart)

Außer im Sprunggelenk gibt es in den übrigen Fußwurzelgelenken noch gewisse beschränkte Beweglichkeiten wie bei den Handwurzelknochen. Diese Eigenbewegungen der einzelnen Tarsalia können die Hauptbewegungen im Sprunggelenk weiterführen oder sonstwie beeinflussen. Die Hauptsache ist, daß das Fußgewölbe als Einheit brauchbar ist. Dem würde eine stärkere Beweglichkeit der Tarsalia im Wege sein. Dagegen ist der mosaikartige Aufbau ein Schutz gegen Zertrümmerung, da ein Bandknochenkomplex widerstandsfähiger ist als ein Gewölbe aus einem Stück reinen Knochengewebes.

Die feineren Knochenstrukturen (Spongiosabälkchen) verlaufen in den einzelnen kleineren Tarsalia so, wie wenn es ein Knochen wäre, z. B. als Quergurten vom äußeren zum inneren Fußrand durch die drei Keilbeine und das Würfelbein hindurch. Das ist ein deutlicher Beweis für die einheitliche Funktion im allgemeinen.

Die Chirurgen bezeichnen bestimmte Amputationslinien des Fußes als Gelenke, z. B. als Lisfrancsches „Gelenk" die Linie, in welcher die Tarsalia gegen die Metatarsalia abgesetzt werden können, und Chopartsches „Gelenk" die Linie zwischen Talus + Kalkaneus einerseits und Navikulare + Kuboid andrerseits (Abb. 310, der Beginn der Linien ist durch Pfeile bezeichnet). Es handelt sich immer um Multipla von Gelenkkammern. Aber auch mechanisch betrachtet haben diese Linien nichts Einheitliches. Am ehesten ist noch das Chopartsche „Gelenk" zu einer Art Eigenbewegung fähig. Man spricht deshalb auch wohl von einem Intertarsalgelenk. Dies ist jedoch den Bewegungen im Sprunggelenk untergeordnet. Kommt zu der Bewegung des Fußes gegen das Sprungbein noch eine Eigenbewegung des Kuboideum hinzu und bezeichnet man dies als Gesamtbewegung in einem neuen Gelenk, dem Intertarsalgelenk, wie es vielfach geschieht, so wird meines Erachtens nichts dadurch gewonnen, sondern eher die Übersicht erschwert; zweckmäßiger wäre es, den Ausdruck „Gelenke" für den Lisfranc und Chopart ganz zu vermeiden.

b) Die supertalare Kammer des Sprunggelenkes.

Abb. 268, 292, 295 a, 301 a, 304, 305, 310, 311 a

Der Unterschenkel umklammert den Fuß. In die Gabel, welche das untere Ende der Tibia und Fibula formen, paßt das Sprungbein hinein, Articulatio talocruralis (Abb. 268). Der Teil der Gabel, welcher über der Talusrolle, der Trochlea, liegt, heißt Rollendach; es ist viel kürzer als die Rolle (Abb. 304). Je nach der Stellung des Fußes kommen verschiedene Stellen der Rolle mit dem Rollendach in Berührung. Die obere Gelenkfläche der Rolle ist hinten etwas schmäler als vorn (Abb. 310). Wird die Fußspitze gehoben, so kommt der größere Querdurchmesser in die Gabel zu liegen. Die Gelenkkammer setzt sich in der Regel zwischen die Tibia und Fibula aufwärts in eine kurze Spalte fort (ca. 1 cm, Abb. 292). Trotzdem die unteren Enden der beiden Unterschenkelknochen durch besonders straffes Bindegewebe zusammengehalten sind, Syndesmosis tibiofibularis, klafft jene Spalte bei Dorsalflexion doch unter dem Druck des Talus ein wenig; entsprechend weicht das obere Ende der Fibula im oberen Tibiofibulargelenk rein passiv aus, falls nicht der Schaft des Knochens selbst in sich so weit ausbiegt, um genügend nachgeben zu können. Die Gabel bremst auf diese Weise eine zu starke Dorsalflexion. Auch die Achillessehne und die Dehnung der Wadenmuskeln erlauben keine zu starke Erhebung des Fußes. Im äußersten Fall kann das Verbindungsstück zwischen Corpus und Caput tali, das Collum tali, an die Tibia anstoßen. Der größte Ausschlag von der zum Unterschenkel rechtwinkligen Normalstellung des Fußes aus beträgt beim Erwachsenen ca. 30°. Er ist am größten, wenn das Knie gebeugt und die Wadenmuskulatur dadurch nachgiebiger ist als beim gestreckten Knie.

Knöcherne Führung bei gehobener Fußspitze

Das Sprungbein hat an den Seiten der Rolle Gelenkflächen, welche mit den ihm zugewandten Innenseiten der Gabel artikulieren (Abb. 268). Die äußere Seitenfläche des Talus ist dreieckig, die innere kommaförmig. Sie stehen so, daß die größere Partie des Dreiecks und der Kopf des Kommas nach vorn gerichtet sind. Je mehr der Fuß gehoben wird, um so mehr müssen die Kon-



taktflächen zwischen den Seiten der Talusrolle und der Gabel verbreitert werden. Deshalb wird schließlich der Fuß im oberen Sprunggelenk so festgestellt, wie wenn überhaupt kein Gelenk bestände. Man benutzt das, um bei der Funktionsprüfung der Fußgelenke das Talokruralgelenk auszuschalten. Was bei stark nach oben gehobener Fußspitze an aktiven und passiven Bewegungen des Fußes im ganzen möglich ist, findet mit Sicherheit nicht im oberen Sprunggelenk statt.

Bandführung bei gesenkter Fußspitze

Weniger sicher steht die Talusrolle in ihrer Gabel bei gesenkter Fußspitze. Der Gesamtumfang der Bewegung im Talokruralgelenk (Dorsal plus Plantarflexion) beträgt beim Erwachsenen ca. 70°, kann aber nach Übung und Beruf sehr stark schwanken. Bei Plantarflexion tritt der kleinere Querdurchmesser der Talusrolle in die Gabel ein und der größere vordere aus ihr heraus, so daß man beim Lebenden durch die Haut hindurch den vorderen Teil der Rolle, namentlich lateral, betasten kann. Das Gabeldach hat in dieser Stellung die gleiche Breite wie das Sprungbein. Die Gelenkflächen stehen in ihrer ganzen Länge im besten Kontakt miteinander (Abb. 304). Was aber fehlt, sind die beiden Kontaktflächen zu beiden Seiten der Talusrolle. Hier kommen nur noch kleine Abschnitte der Gabel und Rolle in Berührung. Dafür werden die seitlichen Bandapparate des Sprunggelenkes um so stärker gespannt, je weiter die Plantarflexion fortschreitet (blau, Abb. 305a, b, besonders das Ligamentum talofibulare anterius). An Stelle der knöchernen Führung der Gabel tritt immer mehr eine Bandführung. Daher steht der plantarflektierte Fuß federnd in der Gabel, der dorsalflektierte starr und straff. Ersteres hilft im Gehen dem nicht mehr belasteten Fuß beim Abwickeln vom Boden, letzteres kommt ihm beim Aufsetzen und bei der Übernahme der Körperlast zugute (Abb. 289a, b).

Auch der plantarflektierte Fuß kann schließlich durch Knochen gehemmt sein, wenn das hinterste Ende des Sprungbeines, Processus posterior tali, gegen die Tibia stößt. Doch bremsen gewöhnlich schon vorher die Sehnen, welche vorn über den Talus hinwegziehen (Tonus der vorderen Gruppe der Unterschenkelmuskeln).

Das Rollendach ist bei Dorsalflexion um 2—3 mm zu eng für die Rolle. Um diesen Betrag wird der beiderseitige Knorpelbelag von Rolle und Gabel zusammengepreßt oder die Gabel auseinandergedrängt. Auch klafft bei Dorsalflexion das hintere Stück des Rollendaches gegen die Rolle ein wenig. Denn im Sagittaldurchmesser ist die Rollenoberfläche weniger stark gewölbt als das Rollendach (sie verhält sich zu letzterem wie die Evolvente zur Evolute). Eine Falte der Kapsel schiebt sich von hinten in die Spalte ein und füllt sie aus. Die Gelenkflächen berühren sich nur an den vorderen Kanten der Rolle und des Rollendaches. Auch das verschwindet bei der Plantarflexion.

Reines Gabelscharnier

Das Talokruralgelenk ist ein reines Gabelscharnier, Ginglymus. Andere Bewegungen als reine Plantar- und Dorsalflexionen sind in der Gabel ausgeschlossen. Die Achse des Scharniers liegt horizontal (Abb. 268). Sie geht unter der untersten Spitze des inneren Knöchels hindurch quer durch das Sprungbein und trifft den äußeren Knöchel gerade an seinem äußersten Vorsprung. An der Außenseite des Talus ist die Stelle, wo die Achse aus dem Knochen heraustritt, häufig an einem besonders großen Gefäßloch kenntlich; das Gefäß verdankt seine starke Entfaltung dem axialen Ruhepunkt des im Gehen ständig bewegten Sprungbeines.

Irrtümlich wird vom Talotarsalgelenk häufig behauptet, es sei kein reines Scharniergelenk, sondern der Fuß könne bei starker Plantarflexion in ihm aktiv seitlich bewegt oder rotiert werden. Bezug genommen wird dabei auf den geringeren Querdurchmesser des hinteren Teiles der Talusrolle. Wir haben gesehen, daß gerade diese Stelle des Sprungbeines besonders guten Schluß in der Plantarflexion hat. Es ist lediglich die Möglichkeit einer abduktorischen oder rotatorischen Verschiebung der Knochenflächen des Gelenkes in plantarflektierter Stellung größer als in dorsalflektierter, weil die knöcherne Gabel, welche mit ihren beiden Zinken das Sprungbein umfaßt, automatisch kleiner wird, je mehr sich die Fußspitze senkt. Aber die Bänder führen, wenn solche Verschiebungen passiv erzwungen werden, sofort die

Gelenkflächen wieder in die richtige Stellung. Derartiges kommt vor, wenn die Fußspitze im Terrain hängen bleibt (etwa in einem Geleise). Reine Zerreißungen der Bänder sind selten; häufiger bricht der Knöchel ein oder ab. Für das normale Gehen ist die Bandhemmung des gesenkten Fußes im oberen Sprunggelenk ein Schutz vor den mannigfachen Ansprüchen des unebenen Bodens, weil der Fuß, sobald er in dieser Stellung ausweicht, federnd und nicht starr fixiert ist. Wir können uns so jederzeit durch instinktive Verlegung des Körpergewichtes auf den nicht gefährdeten Fuß helfen. Das Nähere wird unten aus der Besprechung der Verstärkungsbänder klar werden.

Gelegentliche Schraubenbewegung

Der äußere Rand und die äußere Seitenfläche der Talusrolle haben eine andere Richtung zur Oberfläche der Rolle als der innere Rand und die innere Seitenfläche. Erstere stehen schräg, letztere ungefähr senkrecht zur Oberfläche der Rolle. Hat die mediale Fläche allein die Führung, so wird durch die laterale Fläche die Gabel des Gelenkes auseinandergezwängt, wie oben beschrieben. Es kommt aber vor, daß die laterale Fläche so gestaltet ist, wie wenn sie aus einer Schraubenfläche herausgeschnitten wäre, und daß diese Fläche die Führung übernimmt. Das ist möglich, wenn der Knorpelbelag an der Rolleninnenfläche nachgiebiger ist als an der Außenfläche. Das Sprungbein wird in diesem Fall gleichsam in den vorderen Teil des Talotarsalgelenkes hineingeschraubt, wenn der Fuß plantarflektiert wird. Doch scheint diese Schraubenbewegung individuell sehr wechselnd zu sein. Genauere Daten fehlen zur Zeit.

Die Kapsel

Die Kapsel des Talokruralgelenkes, Capsula articularis, ist am Sprungbein in einiger Entfernung vom Knorpelbelag der Rolle befestigt, am Unterschenkel umgreift sie ein wenig die Vorderkante der Tibia und folgt im übrigen den Rändern der Tibia und Fibula. Die Knöchel liegen außerhalb des Gelenkes. Die Kapsel ist vorn und hinten ganz besonders dünn und verletzlich. Die Sehnen der Extensoren (vordere Gruppe) und die Achillessehne mit dem darunter liegenden Fett und dem tiefen Blatt der Fascia cruris schützen diese Partien nicht nur unmittelbar, sondern auch mittelbar, da sie früher übermäßigen Bewegungen Halt gebieten als die Kapsel selbst. Die Falten, in welche die dünne Kapselwand gelegt wird, wenn die betreffende Bewegung den Winkel zwischen Unterschenkel und Fuß verringert, werden durch die Vaginae tendinum, welche mit der Kapselwand verlötet sind, so geleitet, daß sie nicht eingeklemmt werden. Vorn sind die drei Strecker der vorderen Gruppe (Abb. 295a), hinten der Flexor hallucis longus der tiefen Gruppe (Abb. 295b) befähigt, nicht nur den Fuß zu flektieren, sondern automatisch die dadurch entstehenden Falten von der Gelenkspalte wegzuziehen. Auch der M. plantaris kann oft durch Vermittlung des tiefen Blattes der Fascia cruris als Kapselspanner wirken. Kleine fettreiche Falten, welche zwischen den beiden Unterschenkelknochen und von hinten zwischen Rolle und Rollendach in das Gelenkinnere vorragen, werden angesaugt, wenn sich die Kontakte der Knochen lösen; sie füllen die Zwischenräume.

Die Seitenflächen der Kapsel sind durch besondere Bandapparate außerordentlich verstärkt. Infolgedessen wird bei Gelenkergüssen die dünne Vorder- und Rückwand besonders vorgetrieben. Beim Lebenden äußert sich die Schwellung besonders vorn, da die Kapsel zwischen den Sehnen der dort liegenden Extensoren und den Knöcheln rechts und links unmittelbar unter der Faszie liegt. Statt der beiden normalen prämalleolaren Gruben (die innere Grube tritt in Abb. 306 deutlich hervor), entstehen zwei prominente Wülste. Hinten ist die Schwellung unter der Achillessehne versteckt.

Gabelbänder

Die Verstärkungsbänder des Talokruralgelenkes sind zweierlei Art. Die einen verbinden die beiden Unterschenkelknochen untereinander, die anderen jeden von ihnen mit dem Fuß. Die ersteren verhüten ein zu starkes Klaffen der Knöchelgabel. Sie heißen Gabelbänder, Ligamentum malleoli lateralis anterius et posterius (Abb. 305b); der lateinische Namen besagt, daß sie speziell den äußeren Knöchel gegen die Tibia angepreßt halten und vorn und hinten von ihm liegen. Sie verlaufen schräg abwärts von der Tibia zur Fibula und sind gespannt, wenn der Fuß dorsal flektiert wird, dagegen im allgemeinen

entspannt, wenn er plantarflektiert ist. Sie sind am unteren Rand innen überknorpelt; diese kleinen Streifen vervollständigen das Dach für die Talusrolle, welches im übrigen rein knöchern unterfüttert ist (Tibia). Solange das Standbein in einer sagittalen Ebene senkrecht zum Boden — im Lot — steht, preßt das Körpergewicht das Rollendach und die Rolle zusammen. Die Stützung ist fast rein knöchern. Denn der Knorpelbelag, der vorn sehr dünn ist, und nach hinten bis zur Dicke von 1—$1^1/_2$ mm zunimmt, und die überknorpelten Stellen der Bänder geben keinen Spielraum, der in Betracht käme. Anders wenn das

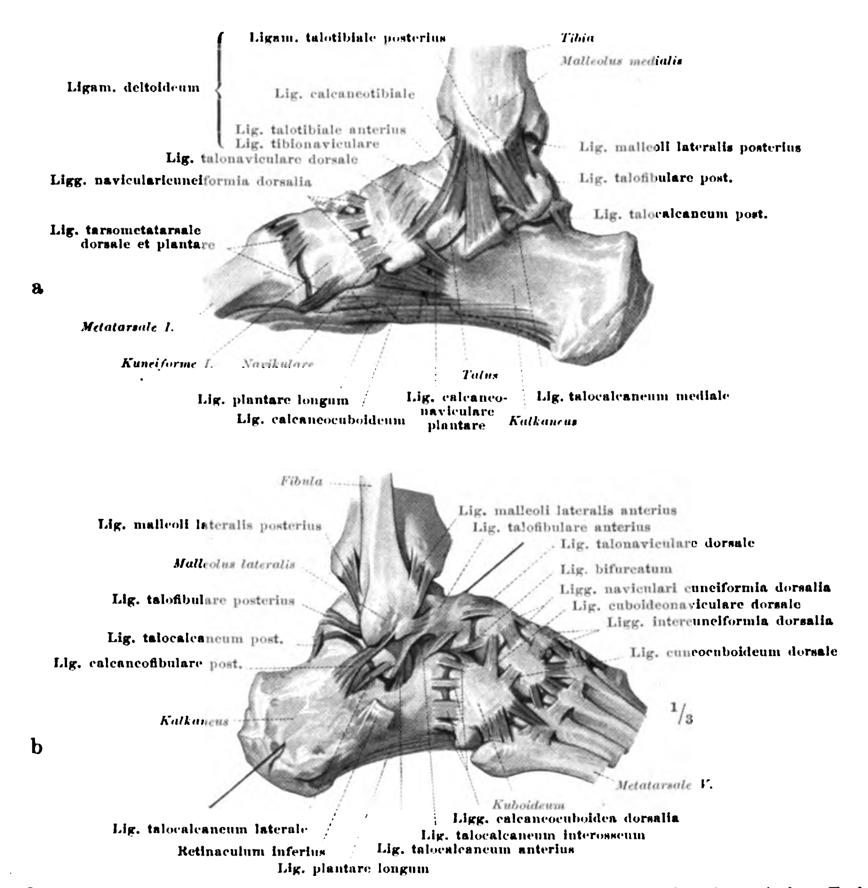


Abb. 305. Hemmungsbänder der Fußwurzel, etwas schematisiert und mit schematischen Farben. a) Innenseite. b) Außenseite. Blau: Bänder zwischen den Unterschenkelknochen selbst und zwischen ihnen und den Tarsalia; gelb-rot: Bänder zwischen dem Sprungbein und den übrigen Tarsalia; Karmin: dorsale Bänder der übrigen Tarsalia unter sich; violett: plantare Bänder; grün: Bänder zwischen Tarsalia und Metatarsalia; gelb: Bänder zwischen Metatarsalia. (Die Farben sind die gleichen wie bei dem Schema der Handwurzel, Abb. 201a, b; nur sind statt eines Rot hier drei Abarten — gelbrot, karmin, violett — gewählt.)

belastete Bein in einer Ebene schräg zum Lot steht. Dann wird die Last des Körpers zum Teil auf den dem Boden zunächst liegenden Knöchel übertragen. In diesem Fall werden die Knöchelbänder gespannt, in welcher Stellung auch der Fuß sich befinden mag; sie verwandeln die Druckkraft für den Nachbarknochen in Zug.

Ganz besonders beansprucht werden bei schräg seitlich einwirkendem Gewicht des Körpers die Seitenbänder (siehe unten). Denn sie setzen jeden der Unterschenkelknochen nach dem Fuß zu fort und tragen deshalb die auf den Knöchel

einwirkende Druck- oder Zugkraft mit, und zwar um so mehr, je kleiner die Kontaktflächen zwischen den Seiten der Talusrolle und den Gelenkflächen der Knöchel sind (S. 621).

Seitenbänder des äußeren Knöchels

Die Seitenbänder des Talokruralgelenkes strahlen von der Spitze der Knöchel fächerförmig zum Fuß aus. Sie sind in einzelne Partien oder in selbständige Bänder gesondert, die entweder breit in die Kapselwand eingelassen sind und im Niveau der Kapselwand liegen, oder nach außen oder innen vorspringen. Die letzteren drängen zum Teil die Kapsel so gegen den Gelenkraum hin vor, daß das betreffende Band von außen nur schwer zu sehen ist. Dazu kommt, daß nicht alle Bänder den Unterschenkel lediglich mit dem Sprungbein verbinden, sondern daß auf jeder Seite eines bis zum Kalkaneus fortgesetzt ist, außerdem auf der Innenseite eines bis zum Navikulare. Solche Bänder überspringen zwei Gelenke, das Talokrural- und das Talotarsalgelenk, und sichern auch das letztere.

Bei der Hand sind die meisten Verstärkungsbänder für das Radiokarpal- und Interkarpalgelenk gemeinsam. Daher sind dort die Grenzen zwischen den Kapseln der beiden in sich getrennten Kammern äußerlich durch die Verstärkungsbänder verdeckt. Beim Fuß dagegen ist das Talokrural- vom Talotarsalgelenk nicht nur innerlich getrennt, sondern auch äußerlich ist die Kapsel des proximalen Gelenkes im größeren Teil ihres Umfanges, besonders vorn, gut begrenzt. Verwechslungen von Schwellungen des oberen und unteren Sprunggelenkes sind hier leicht zu vermeiden: bei der Hand sind Schwellungen der beiden Kammern schwerer auseinander zu halten.

Man benennt die einzelnen Bänder nach ihren Ansatzpunkten und zwar heißen die auf der Außenseite: Ligamentum talofibulare anterius, Lig. talofib. posterius und Lig. calcaneofibulare (Abb. 305b). Letzteres springt am stärksten vor, weil der äußere Knöchel und der Körper des Fersenbeines gegen das Sprungbein seitlich stark ausladen. Das Band überbrückt den Zwischenraum; der Kapselraum hat dementsprechend eine Nische, welche auswärts ausgebuchtet ist. Außen ist das Band verdeckt durch die Sehnenscheiden des Peronaeus longus und brevis (Abb. 294), die es mit bilden hilft. Das Lig. talofib. posterius ist so weit in das Innere des Gelenkes vorgeschoben, daß häufig die Kapselfalte, in welcher das Band liegt, hinter ihm ganz oder fast ganz geschlossen ist, wie bei einem Binnenband, etwa dem Lig. cruciatum posterius des Kniegelenkes. Daher wird die hintere Wand des Gelenkes bei der Präparation leicht verletzt, wenn das Band nicht richtig gesucht wird. Bei einiger Achtsamkeit wird man immer den Zugang zur Kapselfalte finden können. Das Band ist stärker als $^1/_2$ cm und das dickste der lateralen Bänder.

Seitenbänder des inneren Knöchels

Die Bänder an der Innenseite des Knöchelgelenkes heißen: Ligamentum talotibiale anterius, Lig. talotib. posterius, Lig. calcaneotibiale und Lig. tibionaviculare (Abb. 305a). Sie sind sämtlich breit, flach in die Kapselwand eingebettet und seitlich wenig scharf gegeneinander gesondert. Für den ganzen medialen Bandapparat ist der gemeinsame Name Ligamentum deltoideum üblich. Es ist ca. $^1/_2$ cm dick. Es ist hinten überdeckt von der Führungsrinne des M. tibialis posterior und vom Lig. laciniatum (Abb. 299). Im Namen des Bandapparates kommt gut zum Ausdruck, daß er dreieckig ist, die Spitze ist am Tibiaknöchel befestigt, die Basis an den Fußknochen. Das gleiche ist außen der Fall, wenn man sich die drei getrennten Bänder schematisch zu einem vereinigt denkt. Für die Mechanik liegt das Wichtige der Anordnung in beiden Fällen übereinstimmend darin, daß immer ein Teil der Seitenbänder jederseits gespannt ist, mag der Fuß plantar oder dorsal flektiert werden. Die Seitenbänder des Sprunggelenkes sind seitliche Schienen, welche in jeder beliebigen Flexionsstellung des Scharniergelenkes gleich unnachgiebig bleiben und daher in der vollkommensten Weise die reine Scharnierbewegung sichern.

Bei keinem anderen Gelenk des Körpers sind in solcher Weise Knochen- und Bandführung zur Sicherung der Scharnierbewegung vereinigt wie beim oberen Sprunggelenk. Die reinsten Scharniergelenke außer ihm, die Interphalangealgelenke der Finger (S. 439) haben seitlich reine Bandführung. Beim Ellenbogen ist das ebenso. In beiden Fällen faßt innerhalb des Kapselraumes ein Längswulst in eine Nute der gegenüberliegenden Gelenkfläche ein, ersetzt aber den Mangel seitlicher Knochenführung nur unvollkommen. Beim oberen Sprunggelenk des Erwachsenen ist eine nur ganz geringe sattelförmige Delle der Talusrolle zu bemerken, die nach hinten zu ganz verstreicht (Abb. 311 a); ihr entspricht ein Längswulst der Tibia, welcher in die Delle hineinpaßt. Beim Fötus und beim Kind, bei welchem die Seitenbänder nachgiebiger sind, hat auch die Talusrolle eine viel ausgesprochenere Führungsnute. Durch vollkommenere seitliche Führung wird beim Erwachsenen die weniger wirksame Binnenführung überflüssig. — Auch beim Ellenbogengelenk wird durch gewisse Operationen (Resektion) ein Zustand geschaffen, bei welchem Radius und Ulna in einer künstlichen Gabel des unteren Humerusendes Scharnierbewegungen machen. Ein solches Ersatzgelenk arbeitet ganz entsprechend dem Talokruralgelenk; nur ist die Gabel einheitlich, dagegen ist der von ihr umfaßte Gelenkkörper zusammengesetzt, beim Sprunggelenk dagegen ist umgekehrt die Gabel zusammengesetzt und die Sprungbeinrolle einheitlich. Letzteres ist die mechanisch vollkommenere Anordnung, welche sich durch die historisch gegebenen Materialien der unteren Extremität von selbst ergab. Es verwächst auch bei Tieren mit sonst rudimentärer Fibula der einzige Überrest, die distale Gabelzinke, meistens nicht knöchern mit der Tibia, weil die Syndesmose Stöße abfängt und weil sie sicherer ist als eine rein knöcherne Gabel. Sehr charakteristisch sind die breiten Stützflächen des oberen Sprunggelenkes für die Aufgabe des Fußes verglichen mit den schmalen, deformierbaren Flächen des Radiokarpalgelenkes der Hand (Abb. 199a). Innere und äußere Führung, Festigkeit der Gabel

Verletzungen des oberen Sprunggelenkes sind trotzdem nichts Seltenes, besonders veranlaßt durch die Seitenbänder, welche selbst reißen können, aber häufiger Knochenstücke der Knöchel mit abreißen (sog. Verstauchung des Fußes, Malleolenfraktur oder -infraktion). Die gewöhnliche Ursache ist unvorhergesehenes Einklemmen des Fußes beim Gehen, z. B. in einer Wagenfurche, und Abknicken des stürzenden Körpers gegen den fixierten Fuß. Die Sicherungsapparate waren in solchen Fällen der enormen Hebelwirkung des gesamten Körpergewichtes nicht gewachsen. Bei gewöhnlichem Abknicken des Fußes beim Auftreten auf eine Kante oder dgl. muß der Knochen schon spröde sein, ehe er bricht, was individuell je nach Alter und Geschlecht verschieden ist. Die supramalleolaren Brüche der Fibula werden durch eine Stemm- oder Zugwirkung vom Fuße her ausgelöst, wenn die Seitenbänder und Knöchel selbst standhalten. — Zerrissene Seitenbänder oder Gabelzinken durch einen Verband zu ersetzen, ist außerordentlich schwer, weil der Vorfuß zu viel Hebelkraft hat. Selbst das Festeste, was es gibt, ein gut sitzender Gipsverband, lockert sich, wenn man den Patienten mit dem Fuß auftreten läßt. Der Fixationsverband wird zweckmäßig durch eine besondere Auftritteinrichtung ergänzt, welche den Fußhebel ausschaltet. Daran ist am besten zu erkennen, was die normalen Seitenbänder des Sprunggelenkes leisten, um dem Scharnier eine sichere Führung zu geben.

c) Die subtalaren Kammern des Sprunggelenkes.

Während das Sprungbein gegen den Unterschenkel eine einzige Gelenkkammer besitzt, hat es gegen den übrigen Fuß deren zwei, die Articulatio talocalcanea hinten und die Articulatio talocalcaneonavicularis vorn. Wir fassen beide Kammern zusammen unter dem einheitlichen Namen: Unteres Sprunggelenk, Articulatio talotarsalis. Denn bei Bewegungen müssen beide immer gleichzeitig arbeiten. Man hat die Achse, um welche die Bewegungen vor sich gehen, am Knochenbänderapparat dadurch festgestellt, daß man die Punkte der Knochen bestimmte, welche bei Bewegungen stille stehen. Durch sie ist die Achse für das untere Sprunggelenk in Abb. 305b und 308a, b hindurchgeführt. Sie geht oben innen in den Hals des Sprungbeins hinein und verläßt das Fersenbein nahe der Ferse außen und unten. Die schiefe Lage kann man sich daran merken, daß die Achse bei Normalstellung der Füße (mit geschlossenen Absätzen und divergierenden Fußspitzen) sagittal steht (d. h. parallel zur Medianebene des Rumpfes, Abb. 306b); sie fällt vom Rist des Fußes aus gegen die Hacke zu ab. Man begreift danach sofort, daß die Be- Abb. 301 a, 304—306, 307, 308, 310

wegungen des Fußes im unteren Sprunggelenk nicht nach den Hauptebenen des Fußes orientiert sind; denn die Längsachse des Fußes divergiert nicht unbeträchtlich mit der Medianebene des Körpers und steht senkrecht zur Richtung des Unterschenkels (Abb. 1b). Die Bewegungen sind vielmehr auf die Ebenen unseres Körpers im ganzen orientiert. Der Körper ist es ja auch, welcher den Fuß nötig hat, um beim Vorstrecken des Spielbeines eine richtig orientierte Stellung der Fußsohle als Unterlage für das Körpergewicht zu finden. Die Bewegung ist bereits früher beschrieben (S. 590). Sie ist eine kombinierte Pronation, Abduktion und Dorsalflexion in der einen Richtung und eine kombinierte Supination, Adduktion und Plantarflexion in der anderen Richtung (Abb. 306a). Die Hand macht eine ähnliche Bewegung beim Austeilen einer Ohrfeige (Maulschellenbewegung). Um die angegebene Achse, die einzige, welche es für die Bewegungen im Talotarsalgelenk gibt, kommen nur Verschiebungen in beiden subtalaren Gelenkkammern in Frage. Gerade so wenig wie man eine Tür, die in zwei Angeln drehbar ist, um eine allein drehen kann, ist eine Bewegung des Sprungbeines lediglich im vorderen oder im hinteren unteren Sprunggelenk möglich.

Ver-
ankerung
des Drei-
knochen-
komplexes:
Kalkaneus
+ Navi-
kulare +
Kuboideum
in sich

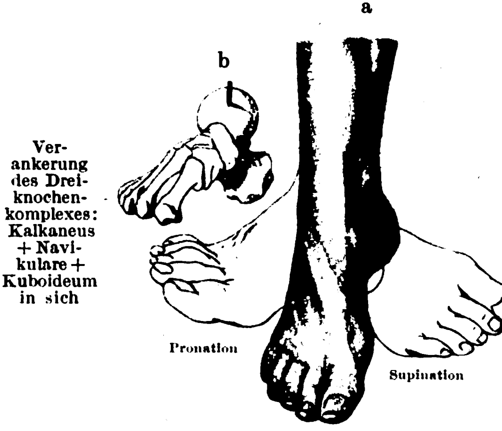


Abb. 306. „Maulschellenbewegung" des Fußes. a) Drei Aufnahmen aus einer kinomatographischen Serie aufeinandergepaust. b) Das Skelett mit ergänztem Sprungbein (nach Abb. 308) und mit der Achse des subtalaren Gelenkes. Die Stellung von b) entspricht der wahren Mittelstellung des Fußes zwischen Pro- und Supination im subtalaren Gelenk. In Abb. a kommt in der Mittelstellung noch eine Plantarflexion im supertalaren Gelenk hinzu, welche der Lebende unwillkürlich macht.

Die andere Frage ist die, ob die beiden Knochen, welche im Talotarsalgelenk mit dem Sprungbein artikulieren, das Fersenbein und das Kahnbein, immer gleichzeitig miteinander und einander entsprechend im unteren Sprunggelenk bewegt werden, oder ob jeder für sich beweglich ist? Es gibt zwei sehr starke Bänder, welche den Kalkaneus mit dem Navikulare fest zusammen schließen. Das eine ist direkt in den Verband des Talotarsalgelenkes eingetreten. Bei einem mazerierten Fußskelett ist ein dreieckiges Stück des Taluskopfes nicht vom Sustentaculum tali unterstützt, sondern es liegt zwischen Kalkaneus und Navikulare nach der Fußsohle zu frei zutage. Diese Stelle ist durch das Ligamentum calcaneonaviculare plantare abgestützt (Abb. 301a). Es heißt kurz: das Pfannenband (nicht zu verwechseln mit dem Pfannenband des Hüftgelenkes, Lig. teres). Es ist so stark, daß der Taluskopf durch die Lücke nicht absinken kann. Wir sehen dies im Gegenbeispiel, wenn nämlich eine abnorme Nachgiebigkeit des Pfannenbandes zu einer Art des Plattfußes führt, bei welcher sich das Sprungbein bis zur Sohlenfläche senkt (Pes planus). Beim gesunden Fuß vervollständigt die dem Taluskopf zugewendete Fläche des Bandes die Pfanne für den Taluskopf. Sie ist überknorpelt: Fibrocartilago navicularis (Abb. 307).

Außer dieser plantaren, äußerst widerstandsfähigen Verankerung zwischen Kalkaneus und Navikulare gibt es noch eine dorsale, nicht minder kräftige. Sie heißt Ligamentum bifurcatum (Abb. 310). Dieses Band entspringt am Kalkaneus ca. $^1/_2$—1 cm tiefer als die Dorsalfläche des Fußes und geht wie die beiden Arme einer Pinzette mit einem Teil seiner Fasern zum Navikulare, mit dem anderen Teil zum Kuboideum. Die beiden Pinzettenarme werden Pars calcaneonavicularis und Pars calcaneocuboidea genannt (Abb. 307).

Der Dreiknochenkomplex: Kalkaneus, Navikulare, Kuboideum wird durch dieses Band besonders fest zusammengehalten. Das ist den Chirurgen seit langem bekannt, weil bei der CHOPARTschen Amputation alle oberflächlichen Bänder zertrennt sein können und trotzdem die drei genannten Knochen fest verankert bleiben, bis das etwas versteckte Band gefunden ist. Es trägt deshalb seit alters her den Namen: „Schlüssel des CHOPARTschen Gelenkes". Das ist

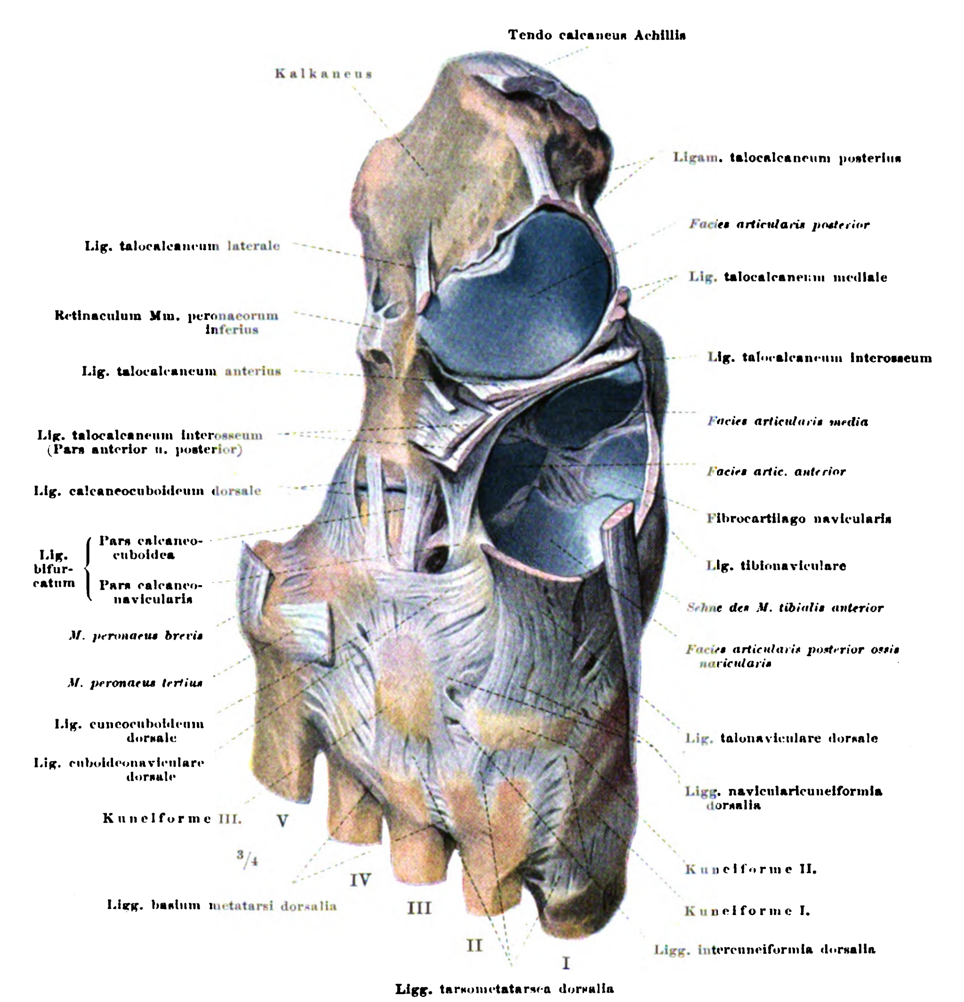


Abb. 307. Beide Kammern des Talotarsalgelenkes, durch Wegnahme des Sprungbeines eröffnet. Bänder des Fußrückens.

gleichsam die experimentelle Probe darauf, wie fest die Einheit der Knochen ist, welche sich im Talotarsalgelenk gemeinsam gegen den Talus bewegen. Beim Kalkaneus und Navikulare bewirken das Pfannen- und Pinzettenband gemeinsam einen sehr festen Schluß. Im allgemeinen wird die Bewegung dieser beiden Knochen gegen den Talus um die Achse des unteren Sprunggelenkes gerade so synchron und konform in beiden Kammern des Gelenkes sein, wie die Bewegung des einheitlichen Sprungbeins selbst zwangsläufig in beiden Gelenken vor sich gehen muß. Über Abweichungen geringer Art werde ich im nächsten Kapitel

bei den Eigenbewegungen des Kuboideum berichten. Dort wird auch auf individuelle Besonderheiten des Pinzettenbandes zurückzukommen sein.

Axiale Verankerung zwischen Talus und Kalkaneus

Hier ist bereits hinzuweisen auf das Ligamentum talocalcaneum interosseum, welches den Talus mit dem Kalkaneus verbindet (Abb. 301 a, 304). Dieses Band beginnt in einem weiten Knochentrichter außen zwischen Talus und Kalkaneus, dem Sinus tarsi (Abb. 311 a), und erreicht mit der Spitze des Trichters die Innenseite des Fußes (Abb. 307). Es stößt dort mit seinem Ende an das Lig. deltoideum an. Es liegt unmittelbar neben der Stelle, an welcher die ideelle Gelenkachse aus dem Kalkaneus in den Talus übertritt (Abb. 308 a) und fixiert beide Knochen axial gegeneinander. Das ist wohl der Grund dafür, daß die beiden Kammern des unteren Sprunggelenkes getrennt bleiben. Das Lig. interosseum verhält sich wie ein Binnenband; es ist beim Fuß so stark und breit, daß eine völlige Scheidewand zwischen dem vorderen und hinteren unteren Sprunggelenk gewahrt wird, während etwa die Kreuzbänder das Kniegelenk nur inkomplett unterteilen. Das Lig. interosseum steht mit seiner Fläche senkrecht zur Achse des Talotarsalgelenks. Die lateral gelegenen Randteile hemmen also stärkere Rotationen des Talus oder des Kalkaneus um diese Achse sehr früh. Das Kaput und das Korpus des Talus haben oft ihr eigenes Zwischenknochenband (Pars anterior et Pars posterior, Abb. 307). Der Gesamtumfang der Rotation (Pronation + Supination) beträgt durchschnittlich 13°. Über die anderen hemmenden Instanzen siehe weiter unten. — Im Sinus tarsi liegt häufig ein Schleimbeutel, Bursa sinus tarsi, welcher in dem engen Raume eine zu starke Reibung zwischen Knochen und Bändern ausgleicht.

Form der vorderen und hinteren unteren Sprunggelenkkammer

Von den beiden Kammern des Talotarsalgelenkes hat jede ihre besondere Gestalt. Das vordere Gelenk hat ungefähr kugelige Form (Abb. 307). Die Pfanne wird von der konkaven Hinterfläche des Navikulare, von zwei Gelenkflächen des Sustentaculum tali und vom Knorpel des Pfannenbandes gebildet. Die beiden Gelenkflächen des Kalkaneus heißen Facies articularis anterior und media. Sie können getrennt sein oder sandalenförmig zusammenhängen. Die Gelenkfläche des Navikulare ist dessen Facies articularis posterior, die Gelenkfläche des Pfannenbandes ist die oben erwähnte Fibrocartilago navicularis. Die letztere heißt so, weil sich der Knorpelbelag des Navikulare ohne Zwischenraum in sie fortsetzt. Auch die anderen Komponenten der Pfanne sind mit ihrem Knorpelbelag einander so genähert, daß die Pfanne einen einheitlichen Eindruck macht. Der Name Articulatio talocalcaneonavicularis ist nach den drei beteiligten Knochen gebildet. Der Kopf des Sprungbeines, Caput tali, welcher in die Pfanne hineinfaßt, ist nicht rein kugelig, sondern mehr plattoval und oft kantig. Man kann ihn mit einer Mandarine vergleichen.

Das hintere untere Sprunggelenk hat zylindrische Form (Abb. 307). Die Facies articularis posterior des Kalkaneus ist gewölbt, die ihr entsprechende gleichnamige Gelenkfläche des Corpus tali ist hohl. Man nennt das Gelenk Articulatio talocalcanea, weil hier nur zwei Knochen, der Talus und Kalkaneus, artikulieren.

Führende und stützende Flächen

Würde man bei zwei zwangsläufig aneinander gebundenen Bewegungsmechanismen, z. B. bei den beiden Angeln einer Tür, verschiedene Grade der Freiheit finden, so wäre immer der mindere Grad der Freiheit bestimmend. Eine Tür, die in einem Scharnier- und in einem Kugelgelenk aufgehängt ist, wird doch keine andere Bewegung haben, wie wenn sie in zwei Scharniergelenken hinge. Die größere Freiheit des Kugelgelenkes bleibt also unausgenutzt. Beim Fuß liegt die Sache so, daß die Gelenkflächen in beiden Kammern nur teilweise Führungsflächen für die Bewegungen sind (kinematische Flächen, Abb. 308, rote Linien). Andere Teile kommen dazu nicht in Frage. Sie sind aber doch nicht nutzlos, sonst wären sie längst rückgebildet. Es sind Stützflächen (statische Flächen), auf welchen der Kalkaneus den Talus und damit das Gewicht des Körpers beim aufrechten Stehen zu tragen vermag, selbst wenn beim Stehen auf einem Bein und bei künstlicher Belastung mehr als das Ge-

samtkörpergewicht das Sprungbein des Standbeines beschwert. Die Unterscheidung in führende und stützende Flächen ist bei keinem Gelenk so hervorstechend wie beim unteren Sprunggelenk. Es hat aber auch keines einen annähernd gleichen Druck auszuhalten. Denn das Sprungbein ist der Schlußstein des Fußgewölbes, der unter der Last des Körpergewichtes versucht, die übrigen Fußwurzelknochen auseinanderzutreiben oder von ihnen abzurutschen. In der Tat sind solche pathologischen Vorkommnisse nichts Seltenes. Sie führen zum

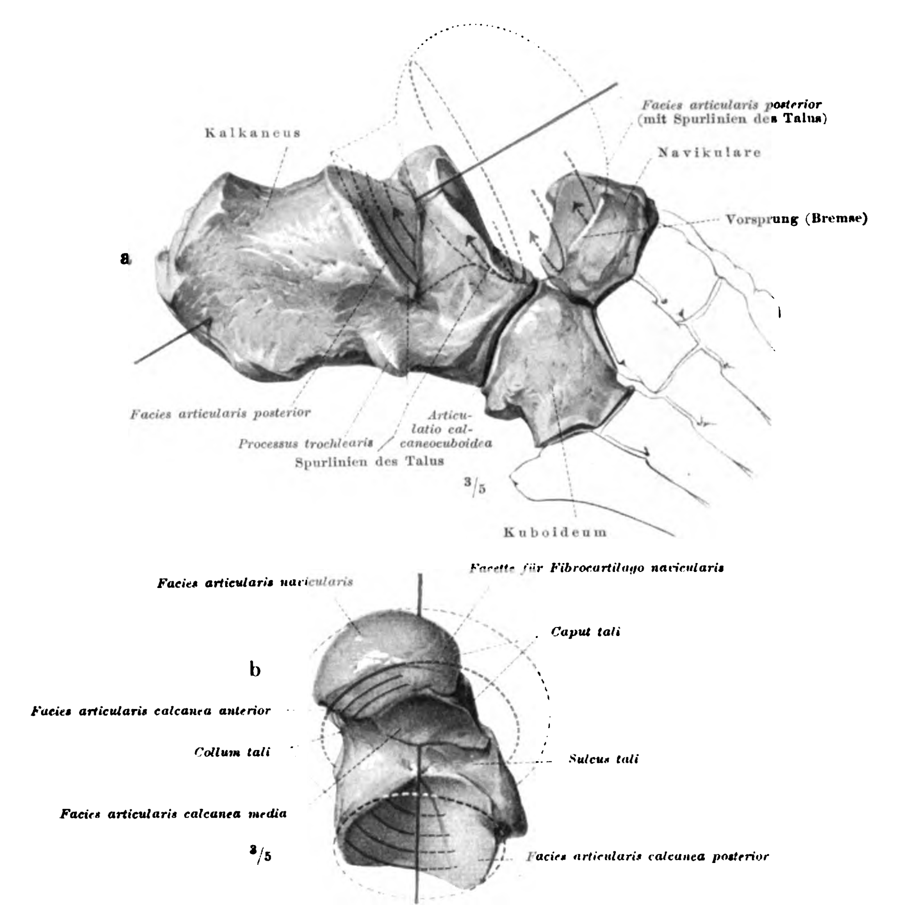


Abb. 308. Die beiden Komponenten des Talotarsalgelenkes isoliert. a) Dreiknochenkomplex: Kalkaneus, Kuboideum, Navikulare (die übrigen Fußknochen nur als Kontur). b) Talus. Der Talus ist so ergänzt, wie wenn er sich um die Achse des Talotarsalgelenkes (rote Gerade) unbegrenzt drehen könnte. Der ergänzte Talus ist in Abb. a hineinpunktiert. Die roten Kreislinien geben die „Spuren" an, welche durch künstlich zwischen die Gelenkflächen eingeführte Karminkrümelchen erhalten wurden. Die Spurlinien sind gestrichelt, soweit kein Kontakt von Gelenkflächen besteht (siehe besonders Facies articularis posterior calcanei).

Plattfuß und Platt-Knickfuß (Pes planus und Pes valgus). Ihre Häufigkeit ist ein Anzeichen dafür, wie nötig breite Stützflächen im unteren Sprunggelenk für das Sprungbein sind.

Doppeltes konisches Zapfenlager, Bedeutung des Pfannenbandes

Denkt man sich die führenden Gelenkteile der beiden Kammern des Talotarsalgelenkes ergänzt zu Flächen, welche eine vollständige Rotation des Talus wie bei der Welle eines Schwungrades zuließen (Abb. 308b, punktierte Linien), so ergibt sich, daß das hintere Gelenk ein konisches Zapfenlager darstellt, dessen Höhlung im Talus sitzt (hohl gegen voll), während das vordere Gelenk ebenfalls ein konisches Zapfenlager, aber mit der Vorwölbung am Talus vorstellt (voll gegen

hohl). Man kann den Körper, welchen der ergänzte Talus vorstellen würde, seiner wirklichen Form nach vergleichen etwa einem geschlossenen Pilz (Champignon) oder einem Champagnerkorken, die von unten ausgehöhlt sind. Eine von jeder Annäherung an das wirkliche Objekt freie Wiedergabe des Mechanismus zeigt Abb. 309. Geradeso wie sich das für den Talus eingesetzte weiße Werkstück in den beiden schwarzen Lagern dreht, so dreht sich der Talus um die rot gezeichnete Achse in dem vorderen und hinteren Lager (oben und unten in Abb. 308b). In Wirklichkeit ist von den Flächen der Lager nur so viel vorhanden, als für die geringen Ausschläge der Bewegungen notwendig ist. Bei den Rippen, welche sich in Zapfenlagern an den Wirbeln drehen, sehen wir ganz wie im unteren Sprunggelenk das, was an knöcherner Führung fehlt, in Bändern ausgeführt. Bei der vorderen Kammer des Sprunggelenkes ergänzt die Sehne des M. tibialis anterior die Führung an der Stelle, wo am Fußrücken die Pfanne aufhört (Abb. 307). Knochen, Band- und Sehnenzüge fügen sich mosaikartig zu einem architektonischen Ganzen zusammen.

Da sich der Taluskopf in der Pfanne oder die Pfanne um den Kopf so drehen, daß nicht immer kongruente Flächen aufeinander zu liegen kommen, so kann das Pfannenband gegebenenfalls nachgeben. Starre Knochenflächen würden bei diesem Gelenk nur ein Hindernis für die Bewegung sein. Es gibt noch eine andere Funktion des Pfannenbandes. Wird der Talus bei Bewegungen im Talokruralgelenk durch die schraubenförmige Außenfläche der Rolle geführt, so schraubt sich gleichsam der Taluskopf in die Pfanne hinein. Die Pfanne kann sich wegen des Bandes dieser Bewegung ein wenig anpassen. Der Mechanismus ähnelt dem Vordringen des Kreuzbeines in das Becken (Abb. 236), nur ist das Gewölbe beim Fuß viel flacher als dort. Es wird in der Längsrichtung gespannt und widerstandsfähiger. Man sieht daraus, daß der Defekt in der knöchernen Unterlage der Pfanne, welcher vom Pfannenband ausgefüllt ist, beim gesunden Menschen nicht ohne Vorteile für die Gesamtkonstruktion des Fußes ist. Er kann nur verhängnisvoll werden und zum Plattfuß führen, wenn die Sehne des Tibialis posterior, welche außen auf der Fibrocartilago navicularis liegt (Abb. 299, 311b), nachgibt und wenn die Bänder erschlaffen. Dies ist häufig nur eine Teilerscheinung eines dem betreffenden Individuum eigenen allgemeinen Habitus („Insuffizienz der Stützpunkte"), welcher außer zum Plattfuß noch zu Skoliosen der Wirbelsäule, zu Genu valgum, Brüchen usw. disponiert.

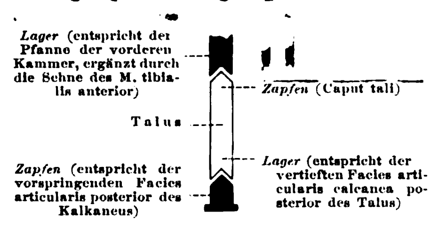


Abb. 309. Doppeltes konisches Zapfenlager, das eine hohl gegen voll, das andere voll gegen hohl. Der Talus ist wie die Welle eines Rades gedacht. Seine Stellung entspricht Abb. 308b.

Die Stützflächen sind nur in Kontakt bei Belastung des Fußes im aufrechten Stehen (Standbein). Wird der Fuß bewegt (Spielbein), so klaffen die Gelenkflächen ein wenig. Beim vorderen Gelenk wird das durch das Pfannenband ausgeglichen, beim hinteren Gelenk hebeln sich die Flächen wirklich voneinander ab. Der reichliche Gehalt an Gelenkschmiere gleicht die Diskrepanzen aus.

Trochoginglymus, getrennte Kapseln

Mit dem in sich verankerten Dreiknochenkomplex: Navikulare + Kalkaneus + Kuboideum (Abb. 308a) bewegt sich der übrige Fuß im unteren Sprunggelenk um den Talus wie in einem Zapfengelenk, Trochus, dessen Achse wir festgestellt haben (S. 625). Da sich das Sprungbein im Talokruralgelenk in einem Gabelscharnier, Ginglymus, bewegt, so ist das Sprunggelenk als Ganzes ein Trochoginglymus. Seine Gesamtbewegungen werden erst in einem späteren Kapitel analysiert werden (S. 651). Mit den Bewegungen in den beiden Kammern des Handgelenkes besteht keine Ähnlichkeit, wohl aber mit denen im Ellenbogengelenk, ebenfalls einem Trochoginglymus. Dagegen ist den anatomischen Grenzen nach keine Ähnlichkeit mit dem Ellenbogengelenk, wohl aber eine solche mit dem Handgelenk zu konstatieren: die Kammern sind nicht wie bei dem ersteren zusammenhängend, sondern wie bei dem letzteren getrennt.

Die Kapseln, Capsulae articulares, der beiden unteren Sprunggelenkkammern begrenzen jede Kammer für sich und schließen sie in sich ab. Beide Kapseln sind nahe den Knorpelflächen befestigt. Die hintere kann neben dem Sustentaculum tali so nahe an die Kapsel des oberen Sprunggelenkes



heranreichen, daß manchmal eine Kommunikation besteht. Sie ist immer sekundär.

Binnen- und außenständige Verstärkungen der Kapseln

Von den Verstärkungsbändern der Kapseln inseriert eine Gruppe am Talus. Von ihr ist das Ligamentum talocalcaneum interosseum bereits beschrieben (S. 628). Es inseriert am Korpus und am Kollum des Talus. Es gibt außerdem noch vier Ligamente, welche das Corpus tali, und ein Ligament, welches das Collum tali mit den Nachbarknochen verbinden. Sie heißen Ligg. talocalcanea und Lig. talonaviculare dorsale (Abb. 305a, b, gelbrot). Diese fünf Ligamente sind außenständig; das Ligamentum interosseum ist, wie sein Name sagt, binnenständig. Nur sein äußerer vorderer Rand liegt im Sinus tarsi frei vor (Abb. 310). Es ist das wichtigste und stärkste Band der ganzen Gruppe. Die fünf außenständigen Verstärkungsbänder sind oft recht undeutlich begrenzte Faserzüge innerhalb der Kapselwand, von denen sogar das eine oder andere fehlen kann. Viel wichtiger für die Fixierung des Sprungbeines sind diejenigen Züge der Seitenbänder des Talokruralgelenkes, welche das Sprungbein überspringen und an das Fersen- oder Kahnbein gehen (Abb. 305, blau). Sie heißen Lig. tibionaviculare und Lig. calcaneotibiale auf der Innenseite, Lig. calcaneofibulare auf der Außenseite. Nur soweit diese Bänder Spielraum lassen, ist eine Beweglichkeit um die gemeinsame Achse des unteren Sprunggelenkes möglich. Pro- und Supinationen ergeben als Mittelwert 13°, Ab- und Adduktionen ungefähr das gleiche (12,7°), Dorsal- und Plantarflexionen nicht ganz die Hälfte (5,8°). Trotz dieser ziemlich geringen Ausschläge sind die Bewegungen, wenn man sie an der Fußspitze abliest, beträchtlich. Dies beruht vornehmlich auf der Länge des Vorfußes, der wie ein Zeighebel die Ausschläge vergrößert. An der Hacke sind sie weniger vergrößert und oft äußerlich kaum merkbar. Man denke sich in Abb. 301a die Zehen ergänzt und die Bewegungen um das Lig. interosseum ausgeführt.

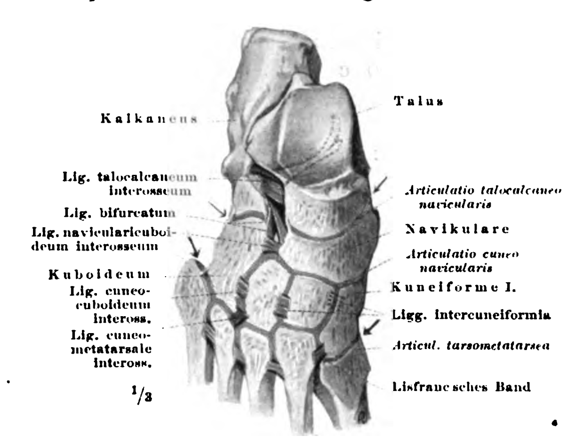


Abb. 310. Die Binnenbänder der Fußwurzel (Ligamenta interossea). Die dorsalen Oberflächen der Knochen sind so weit abgeraspelt, daß die in der Tiefe versteckten Bänder sichtbar sind; nur die Talusrolle ist erhalten und das Ligamentum talocalcaneum interosseum punktiert dargestellt (liegt unter ihm im Sinus tarsi, Abb. 307). Die Bänder sind schematisiert: rot die Bänder zwischen den Tarsalia; grün die Bänder zwischen Tarsalia und Metatarsalia; gelb die Bänder zwischen den Metatarsalia. Gelenkspalten gelb-rot. Die beiden dünnen Pfeile deuten auf die äußeren Enden der Chopartschen Linie, die beiden dickeren Pfeile auf diejenigen der Lisfrancschen Linie.

Vier Bänder, welche das ungefähr würfelförmige Corpus tali mit dem Kalkaneus äußerlich verbinden, liegen an den vier Flächen: vorn, außen, innen, hinten. Sie heißen Lig. talocalcaneum anterius, laterale, mediale, posterius (Abb. 305a, b). Das vordere Band liegt im Sinus tarsi (Abb. 307), und zwar „vorn" zum Corpus tali, nicht zum Kollum. Da das Lig. talocalcaneum interosseum nach vorn bis zum Kaput reicht, so liegt seine laterale Randpartie vorn vor dem Lig. talocalcaneum „anterius". Der Name des letzteren verleitet dazu, wenn man ihn irrtümlich auf den ganzen Talus bezieht, beide Bänder zu verwechseln. Das Lig. talocalcaneum mediale ist gewöhnlich ganz vom Lig. deltoideum bedeckt (in der schematisierten Abb. 305a sind die Teile des letzteren verschmälert wiedergegeben, daher ist das Lig. talocalcaneum mediale sichtbar).

Die Kapseln des unteren Sprunggelenkes sind ferner durch Bänder verstärkt, welche den Kalkaneus mit dem Navikulare verbinden. Das Pfannen-

band, Lig. calcaneonaviculare plantare, welches am Gelenk unmittelbar beteiligt ist, und das Pinzettenband, Ligamentum bifurcatum, dessen Pars calcaneonavicularis der Gelenkkapsel dorsal sehr nahe liegt, wurden bereits beschrieben (S. 626). Diesen Bändern ist mit vielen anderen des Fußrückens und der Sohle gemeinsam, daß gar keine oder nur sehr geringe und unwichtige Beweglichkeiten der Gelenkspalten, welche sie überbrücken, bestehen (absolute und relative Amphiarthrosen). Sie unterscheiden sich dadurch von den übrigen Verstärkungsbändern der Sprunggelenkkapseln, welche die genannten wichtigen Ausschläge im Sprunggelenk zulassen. Ich werde die Bänder der Amphiarthrosen bei diesen im Zusammenhang aufzählen.

d) Die übrigen Gelenke des Vorfußes und die Eigenbeweglichkeit der Fußwurzel- und Mittelfußknochen.

Abb. 304, 305, 307, 310 Artic. calc. cub, eine relative Amphiarthrose

Das Kuboideum grenzt an die vordere Gelenkfläche des Kalkaneus in der Articulatio calcaneocuboidea. Das Gelenk hat seine eigene Kapsel und ist selbständig. Es liegt in der gleichen Querlinie mit der Gelenkspalte zwischen Talus und Navikulare, so daß eine Durchtrennung des Fußes hier relativ leicht ist: CHOPARTsche Amputation (Abb. 297). Es ist das eine künstliche Vereinigung zweier an sich getrennter Gelenkräume. Die CHOPARTsche Linie beginnt hinter der am inneren Fußrand deutlich sicht- und fühlbaren Tuberositas navicularis und läuft von hier aus quer durch den Fuß (dünne Pfeile, Abb. 310). Sie ist eine wichtige Hilfslinie, um am Lebenden die Lage der Articulatio talonavicularis und der Art. calcaneocuboidea zu bestimmen. Die Kapsel der letzteren ist verstärkt durch Bänder, welche den sattelförmigen Gelenkflächen nur geringe Exkursionen erlauben. Eine Rotation im unteren Sprunggelenk kann aber dadurch weiter geführt werden, daß das Kuboideum etwas gegen die Kalkaneusvorderfläche verrutscht. Wird z. B. der Fuß so stark supiniert, daß die innere Fußkante senkrecht über die äußere zu stehen kommt, so ist eine Weiterführung der Bewegung des Kalkaneus um den Talus am Kuboideum zu konstatieren; ohne diese sind so starke Ausschläge nicht möglich. Ich erinnere an die Bewegungen der einzelnen Karpalia des Handgelenkes, ohne welche eine Gesamtbewegung viel weniger ausgiebig ist, als wenn sich die Einzelknochen etwas verschieben. Auch wenn man den Vorfuß faßt und passiv in extreme Lagen zwingt, kann das Kuboideum seine Lage gegen den Kalkaneus verändern. Die Bewegungen sind gering gegen die Hauptbewegung im Sprunggelenk, begleiten aber regelmäßig letztere, wie auf dem Röntgenschirm zu sehen ist. Die Articulatio calcaneocuboidea ist eine relative Amphiarthrose.

Kuboideum und Navikulare verwachsen gelegentlich miteinander (Synostose), auch das Navikulare und der Kalkaneus (teilweise Ossifikation des Pinzettenbandes). Kalkaneus und Kuboid synostosieren nie. Es fehlt nicht selten die Pars calcaneocuboidea des Pinzettenbandes. Diese Varietäten verringern die Beweglichkeit in der Fußwurzel nicht, die Artic. calc. cub. kann vielmehr bei ihnen an Bedeutung für die Fußbewegungen gewinnen.

Die übrigen Articulationes tarseae reine oder relative Amphiarthrosen

Mit der Vorderfläche des Navikulare artikulieren die 3 Keilbeine, Kuneiformia I—III. Das Gelenk heißt Articulatio cuneonavicularis. Von den 5 Metatarsalia sitzt von den 3 ersten je eines auf der Vorderfläche je eines Keilbeines, die beiden letzten stoßen gemeinsam an die Vorderfläche des Würfelbeines. Die Gelenke heißen: Articulationes tarsometatarseae. Außer diesen Gelenkverbindungen der Stirnflächen der Knochen gibt es noch Artikulationen ihrer Seitenflächen miteinander (zwischen Navikulare und Kuboideum, Kuboideum und Kuneiforme III., Kuneiformia untereinander, Basis der Metatarsalia untereinander). Diese zahlreichen Gelenkspalten sind gewöhn-

lich sehr wenig beweglich und die meisten nur dann, wenn Kräfte von außen das Fußgewölbe treffen und zu zersprengen drohen: Amphiarthrosen.

Die Summation der geringen Einzelbewegungen ergibt unter starkem Druck von auswärts nicht unerhebliche Ausschläge, besonders für die Supination des Fußes. So kann z. B. an einem Bänderpräparat die letztere von 21° im Talotarsalgelenk auf 35° gesteigert werden, wenn die Artic. calcaneocuboidea dazukommt. Während im Talotarsalgelenk mit einer Abduktion des Fußes zwangsläufig eine Pronation verbunden ist, kann die Gesamtsumme der vorderen Gelenke gleichzeitig so stark supinieren, daß der Fuß zwar abduziert, aber supiniert statt proniert wird. Alles das geschieht unter der Einwirkung äußerer Gewalt, nicht durch Muskelzug. Beim Aufsetzen des Fußes auf den Boden übt das Körpergewicht diese Gewalt aus. So ist vor allem auf unebenem Boden ein Ausweichen des Fußes in sich möglich, wenn die richtige Unterlage für eine bestimmte Stellung der Fußsohle fehlt. Der Zwangslauf der von den Muskeln ausgeführten Bewegungen in den Hauptgelenken kann also durch die Amphiarthrosen des Vorfußes kompensiert werden, so daß das Fußgewölbe vor Belastungen ohne Unterstützung seiner Gewölberippen, der Metatarsalia, möglichst gesichert bleibt. Eine aktive Pro- und Supination ohne Beteiligung des unteren Sprunggelenkes ist aber nicht möglich.

Es gibt außerdem unter den genannten Amphiarthrosen solche, welche eine etwas größere Beweglichkeit haben (relative Amphiarthrosen) und welche dadurch die distalen Köpfchen der Metatarsalia, besonders der Groß- und Kleinzehe, zu verstellen gestatten. Am beweglichsten sind die Articulatio cuneonavicularis und die Art. tarsometatarsea zwischen Kuboideum und Metatarsalia IV + V. Die übrigen Art. tarsometatarseae (für die 1.—3. Zehe) sind unbeweglich. Die Dorsal- und Plantarflexion der Köpfchen der randständigen Metatarsalia beträgt am Bänderpräparat unter passivem Druck 10—20°. Beim Lebenden können die kurzen Fußmuskeln entsprechende Bewegungen ausführen.

Auswechselbarkeit der Gewölberippen bei Belastung des Fußgewölbes

Das Fußgewölbe, welches auf seinen Metatarsalia ruht, ist aktiv veränderlich, und zwar lassen sich nach Bedarf die fünf Gewölberippen gegeneinander austauschen. Je nach der Richtung des Druckes, dem der Fuß im ganzen ausgesetzt ist, wird bald das eine, bald das andere Metatarsale am stärksten belastet sein. Die zugehörige Muskulatur führt den Knochen, wenn er ausweichen sollte, in die für das Fußgewölbe zweckdienlichste Stellung und hält ihn darin fest. Besonders die randständigen Metatarsalia (I. und V.) sind bei seitlichem Aufsetzen des Fußes gefährdet. Hier sind deshalb auch die größten Muskelmassen aufgehäuft und ihre Tätigkeit, gemessen an der Ausschlagsmöglichkeit der Mittelfußköpfchen, ist am erheblichsten.

Da die Zehenmuskeln durch die Beziehungen zu den Rippen des Fußgewölbes viel wichtiger für den Fuß als für die Zehen sind, so werden wir unten eine Beschreibung der kurzen Fußmuskeln anzuschließen haben, um den ganzen Zusammenhang der aktiven und passiven Komponenten des Fußes übersehen zu können. Auch hier ist der Unterschied zur Hand sehr deutlich. Dort sind die kurzen Handmuskeln fast ausschließlich Muskeln für die Bewegungen der Finger. Die Finger wurden ihrer biologischen Selbständigkeit wegen dem Handteller gegenübergestellt und in besonderen Kapiteln behandelt. Beim Fuß spielen die kümmerlichen Bewegungen der Zehen nicht entfernt diese Rolle. Dafür ist die Zehenmuskulatur zum größten Teil mit den Metatarsalia in den Dienst des Fußgewölbes getreten. Die Großzehe hat ihre besondere Bedeutung für den Fuß als Abrollorgan beim Gehen. Die Anordnung des Stoffes ordnet sich dieser Vereinheitlichung unter, indem wir die Zehen mit in das Kapitel „Fuß“ hineinziehen, während wir bei der oberen Extremität Arm und Hand zusammengestellt und demgegenüber die Finger als etwas Besonderes herausgehoben haben.

Gelenkkapseln

Die Gelenkkapseln, Capsulae articulares, sind nur bei der Art. tarsometatarsea der Großzehe so selbständig abgeschlossen wie bei der Articulatio calcaneocuboidea. Die Art. cuneonavicularis kommuniziert dagegen gewöhnlich mit der Art. tarsometatarsea der 2. und 3. Zehe. Gemeinsam sind auch die Kapseln der Art. tarsometat. der 4. und 5. Zehe. Die Lisfrancsche Amputationslinie eröffnet also drei verschiedene Gelenke. Diese liegen in einer etwas gebogenen und in sich treppenartig geknickten Fluchtlinie (Abb. 295a). Sie beginnt am äußeren Fußrand hinter der durch die Haut deutlich sicht- und fühlbaren Tuberositas des Metatarsale V., zieht im Winkel von 45° zur Längsachse des Fußes gegen den inneren Fußrand hin und endet



hinter der ebenfalls fühlbaren Basis des 1. Metatarsale (1 cm vor dem Höcker des Navikulare, siehe dicke Pfeile Abb. 310). Das 2. Metatarsale ist aus der Fluchtlinie proximalwärts vorgeschoben. Daher führt von dem selbständigen Gelenkspalt an der Basis des 1. Metatarsale zu dem Spalt an der Basis des 2. Metatarsale eine Stufe von 1 cm Höhe; eine zweite Stufe zwischen dem Gelenkspalt an der Basis des 2. und 3. Metatarsale ist höchstens halb so hoch, häufig niedriger oder sie fehlt ganz. Der „Lisfranc" ist ein gutes Mittel, die Lage der Articulationes tarsometatarseae zu bestimmen; ein einheitliches Gelenk ist er nicht.

Die Scheidewände zwischen den einzelnen Kapseln setzen bei Entzündungen und Ergüssen der Fortleitung auf andere Gelenke ein Hemmnis in den Weg. Die Abtrennung einzelner Kammern hat deshalb praktische Bedeutung für die Pathologie des Fußes. Für den Bewegungsmechanismus ist es ziemlich gleichgültig, ob und wie die Gelenkspalten zusammenhängen oder getrennt sind. Es gibt zahlreiche individuelle Variationen. Bei älteren Individuen können die meisten Scheidewände fehlen.

Binnenständige Verstärkungen

Die Verstärkungsbänder der Kapseln sind zum Teil binnenständig, Ligamenta interossea. Sie sind besonders stark. Ich beginne deshalb mit ihnen, weil dort, wo Ligamenta interossea zwischen die Einzelknochen eingeschoben sind, Barrieren gegen einen Zusammenfluß benachbarter Gelenkspalten errichtet sind. Die oben beschriebenen Kommunikationen der Capsulae articulares und die Zwischenknochenbänder schließen sich im allgemeinen gegenseitig aus. Daraus ergibt sich die Verteilung der Bänder. Es kommt allerdings vor, daß ein Zwischenknochenbändchen so schmal ist, daß eine enge Kommunikation neben ihm Platz hat. Sämtliche Ligg. interossea sind von außen unsichtbar; sie werden erst sichtbar, wenn die Knochenoberflächen abgeraspelt oder wenn die Bänder zerschnitten werden; denn erst dadurch kann man die Zwischenräume, in denen sie liegen, eröffnen (Abb. 310).

Die Ligamenta tarsi interossea heißen: Lig. navicularicuboideum interosseum, Ligg. intercuneiformia interossea (von diesen das am meisten medial gelegene inkonstant, in Abb. 310 gestrichelt), Lig. cuneocuboideum interosseum. Über das Ligamentum bifurcatum siehe unten.

Außenständige Verstärkungen

Die übrigen Verstärkungsbänder sind außenständig und am Bänderpräparat freiliegend. Am wenigsten ausgeprägt und sehr variabel sind die dorsalen Bänder; sie heißen Ligamenta tarsi dorsalia, Ligamenta tarsometatarsea dorsalia und Ligamenta basium (ossium metatarsi) dorsalia (Abb. 305b). Die plantaren Bänder überziehen die Höhlung des Fußgewölbes mit kurzen und langen Zügen (ein- oder mehrgelenkig), welche kreuz und quer zu einem festen Gitterwerk in sich verhaftet sind. Die Festigkeit und Elastizität des Fußgewölbes beruht zum großen Teil auf ihnen. Außer dem beim Sprunggelenk beschriebenen Lig. calcaneonaviculare plantare (Pfannenband) gibt es besonders starke plantare Bänder in der Fußmitte: das kurze Lig. calcaneocuboideum plantare und das lange, vom Tuber calcanei bis zur Sehnenscheide des Peronaeus longus und über diese hinaus bis zu den Metatarsalia ausstrahlende Ligamentum plantare longum (Abb. 305a).

Unter den Ligamenta tarsi dorsalia finden sich alle denkbaren Verbindungszüge zwischen benachbarten Tarsalia, z. B. das Ligamentum calcaneocuboideum dorsale (Abb. 307). Fasern setzen sich von ihm in das Ligamentum cuneocuboideum dorsale fort (dieses hat Fortsetzungen durch die Ligg. tarsometatarsea zum 1. und 2. Metatarsale). Ferner gibt es Ligamenta naviculari-cuneiformia dorsalia (sie setzen sich fort in die Ligg. tarsometatarsea dorsalia des 2.—4. Metatarsale, überkreuzen also die vom Kalkaneus ausgehenden Züge). Das Lig. bifurcatum wird entweder zu diesen Bändern gerechnet oder (wegen seiner tiefen Lage) zu den Ligg. interossea. Es wird bei einigermaßen gut entwickeltem Lig. cuneocuboideum dorsale und Lig. calcaneocuboid. dors. erst sichtbar nach teilweiser Entfernung dieser Oberflächenbänder und des Fettes unter ihnen: der „Schlüssel des CHOPARTschen Gelenkes" liegt meist ganz versteckt in der Tiefe. Daher wird das wichtige Band leicht übersehen.

Die Ligamenta plantaria lassen sich ebenfalls in drei Gruppen teilen: Ligg. tarsi, Ligg. tarsometatarsea und Ligg. basium (ossium metatarsi). Nur ist hier die Abgrenzung nicht so scharf wie am Fußrücken, weil die längsten Züge vom hintersten Punkt des Tarsus bis in den Metatarsus ziehen (Lig. plantare longum). Was bei den dorsalen Bändern in den obengenannten Fortsetzungen in andere Bänder angedeutet ist, ist in der Höhlung des Fußgewölbes zur vollen Entwicklung gekommen. Je länger die Züge sind, um so besser können sie entfernte Teile des Fußgewölbes gegeneinander verankern. Die langen Züge liegen am oberflächlichsten; sie haben sich von den Gelenkkapseln emanzipiert. Die kurzen Züge sind unter ihnen versteckt, liegen hart am Knochen und sind eingebettet in die Kapseln. Auch die Ligamenta tarsometatarsea haben oberflächliche Längszüge, welche die kurzen tiefen bedecken und vom 3. Keilbein als Zentrum radial über sie ausstrahlen. Entzündungen der Fußgelenke und Eiterungen machen sich nur am Fußrücken bemerkbar, weil die langen Bänder den Weg zur Sohle versperren. Die kurzen Ligamenta tarsi plantaria verbinden alle Nachbarknochen in allen möglichen Kombinationen. Sie heißen: Lig. calcaneocuboideum plantare, Lig. calcaneonaviculare plantare (Pfannenband), Ligg. navicularicuneiformia plantaria, Ligg. cuboideonavicularia plantaria, Lig. cuneocuboideum plantare. Diejenigen Teile dieser Bänder, welche die Flexionsbewegungen der randständigen Mittelfußköpfchen einschränken würden, sind besonders schwach oder fehlen oft ganz, so die Verbindungen zwischen Navikulare und Kuneiforme I. und II. und zwischen Kuboideum und Metatarsale V.

9. Die kurzen Fußmuskeln, ihre Logen, die Plantaraponeurose (Tabelle).

a) Allgemeines.

Bedeutung für das Fußgewölbe

Unter kurzen Muskeln des Fußes verstehen wir solche, welche mit Ursprung und Insertion auf den Fuß selbst beschränkt sind. Zahlreiche lange Fuß- und Zehenmuskeln, welche außerhalb des Fußes entspringen und ihn nur mit Sehnen erreichen, wirken unmittelbar auf das Sprunggelenk, auf den Fuß und eventuell auf die Zehen. Die kurzen Muskeln wirken natürlich auf das obere Sprunggelenk nicht unmittelbar, da sie es nicht überspringen. Durch Fernwirkung können sie auch dieses beeinflussen (S. 71). Die meisten kurzen Muskeln inserieren an den Zehen. Ihre Tragkraft (außer den Interossei) wurde auf ca. 200 kg berechnet. Diese Zahl ist viel zu groß, als daß sie nur für die Bewegungen der Zehen in Betracht käme, von denen zudem vier nur sehr mangelhafte Beweglichkeit besitzen. Wie bei den langen Zehenmuskeln liegt auch bei den kurzen die Hauptaufgabe darin, den Fuß selbst zu bedienen. Es kommt weniger auf Bewegungen als auf aktive Stützung im Fuß des Standbeines an. Die Muskeln sichern den einzelnen Knochen des Fußgewölbes eine solche Lage, daß von den 5 Gewölberippen, welche sich mit den Köpfchen der Metatarsalia auf den Boden aufstemmen, entsprechend der Richtung des Körpergewichtes die richtigen eingestellt werden. Knochen, Bänder und Muskeln formen ein architektonisches Ganzes, das aufs feinste der Stützfunktion angepaßt ist.

Vom Gesamtgewicht der für den Fuß aufgewendeten Muskelmasse kommt auf die Zehenmuskeln, welche alle für das Fußgewölbe mit tätig sind, ein volles Viertel, auf die Wadenmuskeln mehr als zwei Viertel, auf die übrigen langen Fußmuskeln der Rest. Man sieht daraus, wie wichtig die Zehenmuskeln für das Fußgewölbe sind. Die Interossei sind nicht mitgezählt, weil sie wirklich im Hauptamt die Zehen selbst bedienen.

Dorsale und ventrale Muskeln

Am Fuß sind echte dorsale Muskeln vorhanden. Sie liegen auf dem Fußrücken (Gruppe A der Tabelle); sie sind vom Nervus peronaeus versorgt, demselben, welcher auch die dorsalen Muskeln des Unterschenkels innerviert. Kleine Ästchen gehen auch in die Interossei externi; doch ist es fraglich, ob es wirkliche Muskeläste sind (denn eine elektrische Reizung ist vom N. peronaeus aus nicht beobachtet). Bei der Hand sind dagegen nur ausnahmsweise wirklich dorsale Muskeln am Zeige- oder Mittelfinger vorhanden. Alle Muskeln



Kurze Fußmuskeln.

o = Ursprung (origo); i = Insertion (insertio).

A. Muskeln des Fußrückens (dorsale Muskeln).

1. M. extensor digitorum brevis (S. 637).
   o: dorso-laterale Fläche des Corpus calcanei vor dem Eingang in den Sinus tarsi, lateraler Schenkel des Lig. cruciatum.
   i: 3 Sehnen zu den Dorsalaponeurosen der 2.—4. Zehe.
2. M. extensor hallucis brevis (S. 637).
   selbständigere Portion des vorigen zur Grundphalanx des Hallux.

B. Muskeln der Fußsohle (ventrale Muskeln).

a) Mittlere Muskeln (mit Ausnahme der Muskeln der Groß- und Kleinzehe).

3. Mm. lumbricales (S. 639).
   o: Sehnen des Flex. digit. longus; der 1. Lumbrikalis ist einköpfig, die anderen sind zweiköpfig.
   i: medialer Rand der Grundphalanx der 2.—5. Zehe, von hier manchmal bis zur Dorsalaponeurose.
4. M. quadratus plantae (S. 640).
   o: zweizipfelig vom medialen und lateralen Rand der Sohlenfläche des Fersenbeines.
   i: Lateralrand des langen Zehenbeugers.
5. Mm. interossei interni s. plantares (3) (S. 641).
   o: einköpfig an der Basis und plantaren Fläche des 3.—5. Metatarsale, Ligam. plantare longum.
   i: Medialseite der Basis der Grundphalanx der 3.—5. Zehe, Ligg. accessoria plantaria.
6. Mm. interossei externi s. „dorsales" (4) (S. 641).
   o: zweiköpfig von den einander zugekehrten Flächen aller Metatarsalia. Ligam. plantare longum.
   i: Basis der Grundphalanx der 2.—4. Zehe, Ligg. accessoria plantaria.
7. M. flexor digitorum brevis (S. 641).
   o: Unterfläche des Tuber calcanei, proximaler Abschnitt der Plantaraponeurose.
   i: gespaltene Sehnen (M. perforatus) an Mittelphalangen der 2., 3., 4. (5.) Zehe.

b) Muskeln der Kleinzehe.

8. M. opponens dig. V. (S. 641).
   o: Lig. plantare longum, Sehnenscheide des Peronaeus longus.
   i: Metatarsale V.
9. M. flexor dig. V. brevis (S. 642).
   o: Basis des Metatarsale V., Ligam. plantare longum, Sehnenscheide des Peronaeus longus.
   i: Basis der Grundphalanx der Kleinzehe.
10. M. abductor digiti V. (S. 642).
   o: Processus lateralis des Tuber calcanei, Unterfläche des Kalkaneus, Tuberositas des Metatarsale V., Plantaraponeurose.
   i: Grundphalanx der 5. Zehe.

c) Muskeln der Großzehe.

11. M. adductor hallucis (S. 642).
   o: 1. Caput obliquum: Kuboideum, Kuneiforme III., Lig. calcaneocuboideum plantare, Lig. plantare longum, Basis der Metatarsalia II.—IV. 2. Caput transversum: Kapselbänder der Grundgelenke der 3.—5. Zehe, Ligg. transversa capitulorum.
   i: laterales Sesambein und Grundphalanx der Großzehe.
12. M. flexor hallucis brevis S. 642).
   o: Kuneiforme I. (II., III.), Lig. calcaneocuboideum plantare, Sehne des Tibialis posterior, Aponeurosis plantaris.
   i: 1. medialer Kopf: Sehne des Abductor hallucis, mediales Sesambein, Grundphalanx. 2. lateraler Kopf: Sehne des Adductor hallucis, laterales Sesambein, Grundphalanx der Großzehe.
13. M. abductor hallucis S. 643).
   o: Processus medialis des Tuber calcanei, Lig. laciniatum, Aponeurosis plantaris.
   i: am medialen Sesambein, an der Grundphalanx und an der Kapsel des Grundgelenkes der Großzehe.

an der Fußsohle sind ventraler Abkunft (versorgt vom Nervus tibialis, Tabelle Gruppe B). Sie überwiegen an Masse weit gegenüber der dorsalen Gruppe. Sie finden Platz in der Höhlung des Fußgewölbes (Abb. 304). Je länger die Fasern sind, um so mehr halten sie, wenn sie kontrahiert sind, wie die gespannte Sehne eines Bogens, das Fußgewölbe zusammen. Die längsverlaufenden Muskeln wirken so in der Richtung der Längsspannung des Gewölbes, die querverlaufenden in der Richtung der Querspannung. Die oberflächliche Faszie, welche wie bei der Hand durch Beziehung zu Muskeln aponeurotisch geworden ist, heißt Aponeurosis plantaris (Abb. 304). Sie ist ursprünglich beim Zufassen des Greiffußes ein hartes Widerlager für die Zehen und wie die Palmaraponeurose eine Unterlage für die Tastballen. Aber beim Gehen sind diese Funktionen hinfällig oder weniger wichtig. Daher ist die andere Bedeutung in den Vordergrund getreten, nämlich als straffe Sehne des Gewölbebogens zusammen mit Muskeln und tiefen Bändern das Fußgewölbe zu stützen. Für die Umwandlung der Funktion ist die Richtung des Fußes zum Unterschenkel maßgebend. Da seine Längsachse senkrecht zur Achse des Unterschenkels steht, so ist die Plantaraponeurose von selbst gespannt, zumal wenn die Zehen auf ebenem Fußboden in der gleichen Richtung wie die Fußsohle gehalten werden.

Einteilung der Sohlenmuskeln

Von der Plantaraponeurose gehen zwei Scheidewände in die Tiefe der Muskulatur hinein. Wir scheiden darnach die Muskeln in drei Gruppen, von denen jede in ihrer besonderen Loge liegt: mittlere Muskeln, Muskeln der Kleinzehe und Muskeln der Großzehe (Tab. B, a, b, c; vgl. mit den Logen der Hand Abb. 216). In der mittleren Loge sind die tiefen Muskeln (Mm. interossei, Tab. Nr. 5 und 6) durch eine besondere, der Plantaraponeurose parallel liegende Faszie von den oberflächlicher liegenden Muskeln und Sehnen abgesondert. Zu letzteren rechnet als eine Art besonderer Mittelschicht zwischen oberflächlichen und tiefen Muskeln der Adductor hallucis, der ursprünglich einem selbständigen System von Muskeln angehört (Mm. contrahentes, S. 426). Die einzelnen Muskelgruppen und Muskelindividuen haben so viel Ähnlichkeiten mit denjenigen der Hand, daß eine ausführliche Analyse unterbleiben kann. Ich verweise auf das bei der Hand Mitgeteilte.

b) Spezielles.

Alle auf die Zehen bezüglichen Einrichtungen sind auf die bei den Fingern bestehenden mit geringen Abweichungen beziehbar; insbesondere sind die Verhältnisse beim Fuß durch Rückbildungen verändert und weniger deutlich. Doch haben die meisten Zehen einen Plantarflexor mehr als die Finger; denn außer den Interossei, dem Flexor digitorum brevis (Tab. Nr. 7) und Flexor digitorum longus pflegt auch der Flexor hallucis longus die 2. und 3. Zehe (manchmal auch die 4.) zu beugen. Trotzdem sind die Bewegungen weniger ausgiebig. Ich beschränke mich auf die Aufzählung der speziellen Zustände.

Muskeln des Fußrückens (Tab. Nr. 1 bis 2), Abb. 294, 311 a

Musculus extensor digitorum brevis und M. ext. hallucis brevis. Der Ursprung am Kalkaneus ist beiden Muskeln ohne Grenze gemeinsam. Der Muskel der Großzehe ist eine unvollständige Abspaltung des Muskels zu den dreigliedrigen Zehen, dem er in allen wesentlichen Punkten entspricht (auch in Innervation und Blutzufuhr). Er überkreuzt spitzwinklig die Arteria dorsalis pedis und den Nervus peronaeus profundus. Der gemeinsame Muskelbauch der kurzen Extensoren liegt frei unter der Haut und schimmert bei mageren Personen oft bläulich durch diese durch. Er wird schräg überkreuzt von der Sehne des Peronaeus tertius, falls sie vorhanden ist (Abb. 294). Die Muskeln können beim Marschieren mit schwerem Schuhzeug leicht anschwellen; die Geschwulst am Fußrücken ist schmerzhaft und wird oft mit Gelenkschwellungen verwechselt. Das normale Muskelfleisch sieht dicker aus als es ist, weil dicht hinter ihm das Niveau der Haut etwas in den Sinus tarsi zurücksinkt. Die plastische Kunst hat es oft übertrieben

dick dargestellt. Die Sehnen beginnen in der Höhe der Basis der Metatarsalia. Sie kreuzen schräg unter den Sehnen des langen Fußstreckers und gehen mit diesen in die Dorsalaponeurosen der Zehen ein. Das Gitterwerk der langen und kurzen Sehnen ist oft durch die Haut des Lebenden sichtbar. An sich würden die kurzen Strecker die Zehen lateralwärts ziehen, aber mit den Sehnen des langen Streckers zusammen ergibt sich eine Resultante in der Richtung der Längsachse der Zehen. Die hauptsächlichste Wirkung ist Dorsalflexion der Grundphalangen der 1.—4. Zehe. Die 5. Zehe erhält einen entsprechenden Sehnenzipfel aus dem Peronaeus brevis, manchmal auch aus dem Peronaeus tertius (genetische Beziehung des Extensor

Abb. 311. Ursprünge (rot) und Insertionen (blau) der Muskeln am Fußskelett. a) Dorsalseite, b) Plantarseite. In Abb. b sind die Ursprungsfelder der Mm. interossei externi gestrichelt. Mm. lumbricales mit gestrichelten schwarzen Pfeilen, Mm. interossei externi und M. peronaeus longus mit ausgezogenen schwarzen

brevis zum Peronaeus parvus, S. 602). Gewöhnlich werden die Zehen bei starker Dorsalflexion etwas voneinander entfernt.

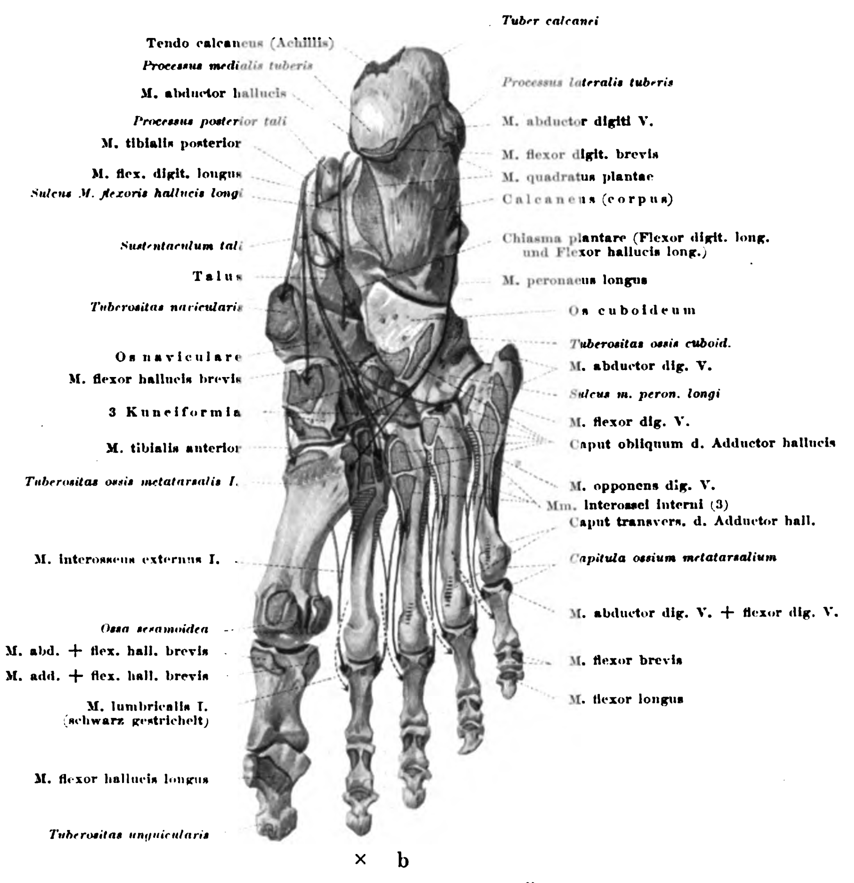
Innervation: N. peronaeus profundus mit einem Ast, der ganz proximal in die Unterfläche des Muskels eintritt. Segmentale Nerven: L 4, L 5, S 1. Blutzufuhr: A. tarsea lateralis aus A. dorsalis pedis und Ramus perforans aus A. peronaea.

Dorsalaponeurose der Zehen u. Fascia dorsalis pedis

Die Dorsalaponeurosen der Zehen sind nur undeutlich ausgebildet, oft nur streckenweise vorhanden, an der Großzehe gar nicht. Die Sehnen der Interossei setzen sich in ihnen nie, die der Lumbrikales nicht immer bis zur Mittel- und Endphalanx fort wie bei den Fingern. Im Zusammenhang damit steht die Ungeschicklichkeit oder meistens das Unvermögen, die Mittel- und Endphalanx aktiv zu strecken. Nur die Großzehe hat je eine Sehne zu jeder Phalanx; deshalb kann bei ihr die Nagelphalanx etwas dorsalflektiert werden.



Gewöhnlich steht bei den dreigliedrigen Zehen die Mittelphalanx horizontal, die Grundphalanx ist etwas dorsalflektiert, die Endphalanx plantarflektiert. Nur die Nagelglieder erreichen den Boden (Abb. 303). Die Stellung ist beim unverbildeten Fuß nur angedeutet (Abb. 306), beim beschuhten Fuß des Erwachsenen meist stark ausgeprägt. Von der Fußsohle aus ist gewöhnlich das Mittelglied nur zu sehen, wenn man das Nagelglied aufhebt. Werden die Extensoren innerviert, so können von Kindern und manchen Erwachsenen die Grundphalangen rechtwinklig zu den Metatarsalia erhoben werden, ohne daß die anderen Glieder gestreckt werden. Wird diese Stellung infolge zu kurzen Schuhwerkes oder zu hoher Absätze habituell



Pfeilen, einige andere lange Muskeln mit roten Pfeilen markiert. Überkreuzung der Sehnen des Peronaeus longus und Tibialis posterior (schwarz und rot). × Achse durch 2. Zehe.

(Hammerzehen), so bilden sich dorsal zwischen 1. und 2. Phalanx Hühneraugen in der Haut (Klavi).

Die Fascia dorsalis pedis ist eine kontinuierliche Fortsetzung der Fascia cruris. In sie sind die unteren Schenkel des Ligamentum cruciatum eingewebt. Die Membran ist distal vom Kreuzband so dünn, daß die Sehnen durchschimmern. Zwischen den Sehnen und den Mm. interossei externi liegt eine tiefe Faszie, welche die Interossei zudeckt (Fascia interossa dorsalis pedis, Abb. 294).

Mittlere Muskeln der Fußsohle (Tab. Nr. 3—7)

Es seien von den Sohlenmuskeln die beiden vorangestellt, welche an den Sehnen der langen Muskeln befestigt sind und deshalb früher schon genannt wurden.

Mm. lumbricales (Tab. Nr. 3), Abb. 299, 311 b

Musculi lumbricales. Es sind vier Stück wie bei der Hand, die gerade so wie dort nach der Großzehenseite von den Sehnen des tiefen Beugers verlaufen (hier der Flexor dig. longus) und oberflächlich vom Lig. capitulorum metatars. transv. zu den dreigliedrigen Zehen ziehen. Sie liegen unter dem Flexor digit. brevis versteckt. Durch das Schuhwerk werden die lateralen oft geschädigt. Sie inserieren

an der Grundphalanx und beugen diese plantarwärts. Da sie nicht immer auf den Zehenrücken fortgesetzt sind und da eine Dorsalaponeurose manchmal fehlt, ist ihre Fähigkeit, die Zehen zu strecken, gering oder ganz zurückgebildet. Sie adduzieren die dreigliedrigen Zehen nach der Großzehe zu.

Innervation: N. plantaris medialis zum 1. (und 2.), N. plant. lat. zum (2). 3. und 4. Muskel. Segmentale Nerven: L 5, S 1 (S 2). Blutzufuhr: A. plantaris lateralis und medialis. Schleimbeutel: Die Endsehnen sind in Bursae metatarsophalangeae auf den Köpfchen der Mittelfußknochen eingebettet und durch

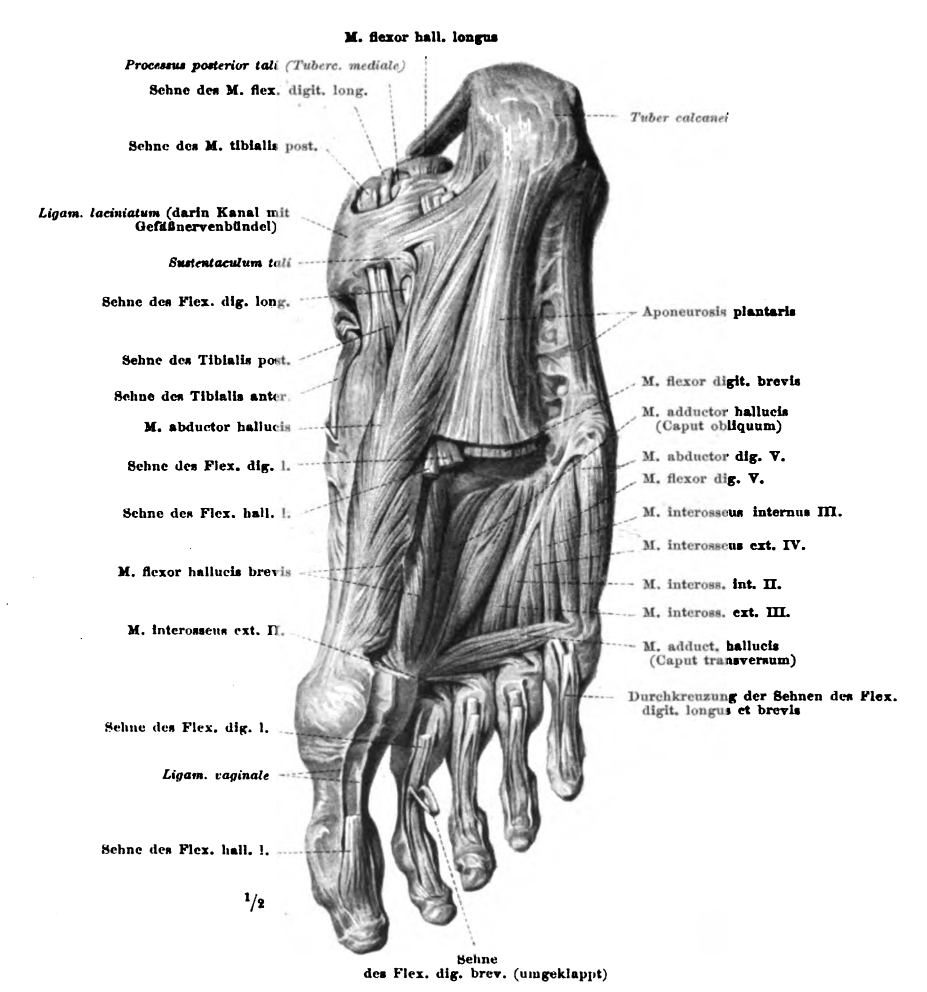


Abb. 312. Tiefe Schicht der Sohlenmuskeln.

sie gegen den Druck der Sohle geschützt. Die Lumbrikales der Hand haben keine Schleimbeutel.

M. quadratus plantae (Tab. Nr. 4), Abb. 299, 311b

Musculus quadratus plantae. Er ist als Hilfsmuskel des Flexor digit. longus bereits erwähnt (S. 609). Genetisch hat er vielleicht Beziehungen zu den Lumbrikales. Er ist schon bei niedersten Säugern (Monotremen, vielleicht sogar bei Amphibien) ein rein plantarer Muskel. Er liegt auf dem Lig. calcaneocuboideum plantare (Abb. 299), bedeckt von schräg über ihn ziehenden Gefäßen und Nerven (Nervus, A. u. Vv. plantares laterales) und vom Flexor digit. brevis. Trotz seiner tiefen Lage kann er bei starker Entwicklung durch die Haut vorspringen, weil der Flexor brevis über ihm sehnig ist. Er läßt sich im Spalt zwischen Flexor brevis und Klein-

zehenballen ohne Verletzung anderer Muskeln aufsuchen. Er korrigiert vornehmlich die Richtung der Sehnen des Flexor longus zu den lateralen Zehen (5., 4. Zehe).

Innervation: N. plantaris lateralis mit Zweig 1—2, die in die Oberfläche des Fleisches eindringen. Segmentale Nerven: S 1, S 2. Blutzufuhr: A. plantaris lateralis.

Mm. interossei interni (Tab. Nr. 5), Abb. 311 b, **312**

Musculi interossei interni s. plantares. Sie liegen mit der folgenden Gruppe am tiefsten in der Fußsohle. Man muß das Caput obliquum des Adductor hallucis (Abb. 312) zurückschlagen, um sie voll zugänglich zu machen. Die Interossei sind von allen übrigen Muskeln getrennt durch den Gefäßnervenbogen, welcher vom lateralen Fußrand aus auf das Spatium interosseum zwischen Großzehe und 2. Zehe hinläuft (Arcus plantaris der A. plantaris lateralis und Ramus profundus des N. plantaris lateralis). Die drei Interossei interni entsprechen in allem Wesentlichen den gleichnamigen Interossei der Hand, wenn man statt der Achse durch den Mittelfinger die Achse durch die 2. Zehe einsetzt. In beiden Fällen geht die Achse durch den längsten dreigliedrigen Strahl (Abb. 311b, schwarze Pfeile; siehe dort auch die Beziehungen zu den Lumbrikales, schwarz gestrichelt; die Sehnen der Interossei gehen in der Tiefe unter den Ligg. capitulorum transversa hindurch). Die Interossei interni liegen rein plantar und überlassen die Zwischenknochenräume ganz den Interossei externi. Die Wirkung auf die Mittel- und Nagelphalanx der dreigliedrigen Zehen fällt aus, weil gewöhnlich keine Fortsetzung in die Dorsalaponeurose der Zehen existiert. Sie flektieren die Grundphalanx plantarwärts und bewegen die 3.—5. Zehe auf die 2. Zehe hin; dies geschieht bei jeder kräftigen Plantarflexion der Zehen. Auf das Fußgewölbe können sie durch den Zug am Ligamentum plantare longum wirken, stehen aber darin gegen die übrigen kurzen Muskeln zurück.

Innervation: Nervus plantaris lateralis. Segmentale Nerven: S 1, S 2. Blutzufuhr: Arcus plantaris, Aa. metatarseae plantares.

Mm. interossei externi (Tab. Nr. 6), Abb. **311 a**, 311 b, 312

Musculi interossei externi s. „dorsales". Über die Anordnung der vier Muskeln mit ihren doppelköpfigen Ursprüngen zur Achse der 2. Zehe orientieren Abb. 311 a, b. Man vergleiche das bei der Hand über die Interossei externi Gesagte. Setzt man statt der Achse durch den Mittelfinger die Achse durch die 2. Zehe ein, so stimmt alles Wesentliche überein. Insbesondere ist auch hier der vielgebrauchte Name „dorsale" Interossei mißverständlich, weil es plantare Muskeln sind, die zwar am Fußrücken sichtbar sind, aber genetisch nicht zu ihm gehören. Sie füllen die Zwischenräume zwischen den Metatarsalia aus und sinken ein, wenn sie gelähmt sind; sie flektieren die Grundphalangen plantarwärts wie die Interni. Keine Wirkung auf die Mittel- und Endphalangen. Sie spreizen die Zehen von der verlängerten Längsachse durch das Metakarpale II. weg. Diese Bewegung ist beim Erwachsenen durch das Schuhzeug gewöhnlich unterdrückt und verloren gegangen, bei Kindern aber meistens sehr gut möglich. Die Hauptaufgabe der sämtlichen Interossei für den Fuß des Erwachsenen ergibt sich aus der Nebeninsertion an den Ligamenta accessoria plantaria. Sie stellen mittels derselben die Gelenkpfannen der Zehen gegen die Köpfchen der Mittelfußknochen fest. Dadurch werden die Zehen erst zu sicheren Widerlagern für die vorderen Stützpunkte des Fußgewölbes (S. 646).

Innervation und Blutzufuhr wie bei den Interossei interni. Zwischen den beiden Köpfchen treten Rami perforantes der Gefäße hindurch, besonders durch das Spatium I. die A. dorsalis pedis nach der Fußsohle zu, um sich dort mit dem Arcus plantaris zu vereinigen.

M. flex. digit. brevis (Tab. Nr. 7), Abb. 299, **304**, 311 b, 312

Musculus flexor digitorum brevis. Er ist ganz oberflächlich unter der Plantaraponeurose (an der Ferse in breitem Zusammenhang mit ihr) zu finden. Die Sehnen verhalten sich ganz wie die Sehnen des Flexor digit. sublimis longus der Hand, d. h. sie spalten sich und umfassen die durchschlüpfende tiefere Sehne (Abb. 304, 312). Die fibrösen Sehnenscheiden (Abb. 299), innerhalb welcher die Sehnen in selbständigen digitalen Schleimscheiden hin und her gleiten, sind namentlich an den beiden Seiten sehr stark und verhüten ein seitliches Abgleiten der Flexorsehnen unter dem Druck, welchen das Körpergewicht auf das Fußgewölbe ausübt. Die Sehne zur 5. Zehe ist oft äußerst fein und ungespalten. Sie wird leicht bei der Wegnahme der Plantaraponeurose übersehen, kann aber auch wirklich fehlen. Der Muskel beugt die Mittelphalangen plantarwärts und dadurch auch die ganzen Zehen. Seine Hauptaufgabe ist, den Fuß im ganzen in der Längsrichtung zusammenzuhalten und eventuell das Fußgewölbe etwas zu verkürzen. Er bildet den Hauptinhalt des mittleren Fußballens.

Innervation: N. plantaris medialis. Segmentale Nerven: L 5, S 1. Blutzufuhr: A. tibialis posterior, A. plantaris lateralis und medialis.



Musculus opponens digiti quinti. Er ist der einzige Opponens des Fußes (an der Großzehe gibt es keinen Opponens analog demjenigen des Daumens). Auch

zehe (Tab. Nr. 8—10), Abb. 294, 299, 311 b, 312

dieser ist sehr schwach ausgebildet, gewöhnlich mit dem Flexor brevis dig. V. eng verwachsen und vom Abductor dig. V. überdeckt. Er ist erkennbar an der Insertion, die ganz anders ist als bei allen übrigen Zehenmuskeln. Er geht zum Metatarsale V. (Abb. 311 b) und zeigt darin das charakteristische Merkmal aller Opponentes (die nicht an den Phalangen, sondern am Mittelfuß resp. an der Mittelhand inserieren). Er bewegt das Metat. V. plantarwärts und stützt resp. verkürzt das Fußgewölbe in der Längs- und Querrichtung.

Innervation: N. plantaris lateralis. Segmentale Nerven: S 1, S 2. Blutzufuhr: A. plantaris lateralis.

Musculus flexor digiti quinti brevis. Er ist gewöhnlich dicker als der entsprechende Muskel an der Hand, aber mit dem vorigen und mit dem Interosseus internus III. verschmolzen (Abb. 299). Die Insertion nimmt die plantare Fläche der Grundphalanx ein (Abb. 311 b). Er beugt die Kleinzehe plantarwärts und stützt durch die Fortsetzung in das Lig. plantare longum das Fußgewölbe in der Längsrichtung.

Innervation und Blutzufuhr wie beim vorigen.

Musculus abductor digiti quinti. Er ist verhältnismäßig dick und lang. Er liegt oberflächlich im Kleinzehenballen und formt ihn besonders (Abb. 294, 312). Ein tiefer Zug der Plantaraponeurose, welche am Kalkaneus und an der Tuberositas des 5. Metatarsale Anheftung gefunden hat (Ligam. calcaneometatarsale), gibt sehr wechselnde Befestigungspunkte, ebenso die Basis des Metatars. V. selbst (Abb. 311 b). Da der kräftige Muskel immer von der Ferse bis zur Basis der Kleinzehe zieht, so wirkt er kräftig auf das Fußgewölbe und setzt dem Horizontalschub, der das Fußgewölbe zu verlängern sucht, Widerstand entgegen. In Wirklichkeit verkürzt sich der belastete Fuß eher ein wenig. Daran ist der Abductor dig. V. beteiligt. Er ist in 2. Linie Plantarflexor für die Grundphalanx der Kleinzehe und nur bei Kindern Abduktor der Kleinzehe. Sein Name bezieht sich gerade auf die unbedeutendste seiner Tätigkeiten.

Innervation und Blutzufuhr wie bei den vorigen beiden. Ein Schleimbeutel liegt meistens zwischen dem Abduktor und der Basis des Metatars. V.

Plantare Muskeln der Großzehe (Tab. Nr. 11—13)

Wichtiger als die Muskeln der Kleinzehe sind die der Großzehe. Wir unterscheiden folgende:

M. adduct. hall. (Tab. Nr. 11), Abb. 311 b, 312

Musculus adductor hallucis. Er liegt unter den langen Sehnen und ist erst nach Wegnahme des Flexor dig. brevis und der Sehne des Flexor dig. longus zugänglich (Abb. 312). Er ist vom gleichnamigen Muskel des Daumens unterschieden durch den breiten Zwischenraum zwischen seinem Caput obliquum und Caput transversum. Bei der Hand ist nur eine schmale Spalte für den Durchtritt des Arcus profundus und der begleitenden Nerven, beim Fuß ist eine, der Länge des Metatarsale entsprechende Pforte vorhanden, weil hier alle Gefäße für die Zehen aus dem tiefen Bogen kommen und Platz für ihre Ausbreitung haben müssen. Dagegen ist das Caput transversum viel ausgiebiger entwickelt. An der Hand sind Ursprünge vom 4. oder gar 5. Strahl Ausnahmen, beim Fuß die Regel. So liegt der Adduktor, obgleich er zur Großzehe gehört, nur mit seiner Insertion und seinem medialen, mit dem Flexor brevis verwachsenen Rand in der Großzehenloge; sein Muskelfleisch liegt in der mittleren und sogar in der Kleinzehenloge. Das erklärt sich daraus, daß er, wie bei der Hand, das Rudiment einer einst selbständigen Muskelschicht, der Kontrahentes, ist. Die oberflächlichen Fasern des Caput obliquum entspringen von der Sehnenscheide des Peronaeus longus und gewinnen weiter nach der Ferse zu durch Bandverbindungen indirekten Ansatz am Fersenhöcker. Die tiefen, fleischigen Fasern überschreiten die Peronaeusscheide etwas am Kuboideum (Abb. 311 b); sie liegen den Interossei am nächsten und vertreten für die Großzehe die Wirkung eines Interosseus internus (Adduktion an die 2. Zehe, Plantarflexion der Grundphalanx). Jedoch die Hauptaufgabe des Muskels ist, das Fußgewölbe zu stützen und kräftig zusammenzuziehen. Das Caput transversum verschmälert, das Caput obliquum verkürzt den Fuß.

Innervation: Ramus profundus des N. plantaris lateralis mit Ästen in die Unterfläche der beiden Köpfe. Meistens besteht eine motorische Anastomose zwischen N. plantaris lateralis und medialis und entsprechend eine doppelte Versorgung von Teilen des Adductor und Flexor hallucis brevis durch beide Nerven. Segmentale Nerven: S 1, S 2. Blutzufuhr: Arcus plantaris der Fußsohle, Rr. perforantes der A. arcuata und Aa. metatarseae des Fußrückens.

M. flexor hall. brevis (Tab. Nr. 12), Abb. 299, 311 b, 312

Musculus flexor hallucis brevis. Er liegt unmittelbar auf dem Metatarsale I. und ist zum Teil bedeckt vom Abductor hallucis (Abb. 312). Auch der Flexor ist durch die Beziehungen seiner Ursprünge zu tiefen Bändern und seitlich zur Plantaraponeurose indirekt bis zum Fersenhöcker fortgesetzt und verstärkt daher erheblich die Muskeln, welche das Fußgewölbe in seiner Längsrichtung sichern



und den Fuß verkürzen können. Die Wirkung auf die Großzehe (Plantarflexion durch Ansatz am äußeren und inneren Sesambein) ist besonders beim Stehen auf den Fußspitzen wichtig. Der Muskel formt mit seinen beiden Köpfen und den Sesambeinen, an welchen die Köpfe inserieren, das Bett und die Führung für die Sehne des Flexor hallucis longus (Abb. 299). Es ist möglich, auf der Nagelphalanx zu stehen, wenn eine genaue Ausrichtung der Großzehe durch beide Flexoren gewährleistet ist (Ballet).

Die beiden Köpfe können mit den beiden Köpfen des Flexor pollicis brevis der Hand verglichen werden. Dort inserieren jedoch beide Köpfe mit dem Abduktor zusammen und nur ausnahmsweise geht ein Teil der Endsehne des Caput profundum mit dem Adductor pollicis an dessen Sesambein; bei der Großzehe liegen beide Köpfe des Flexor brevis nicht über-, sondern nebeneinander. Der eine Kopf ist mit dem Abduktor verwachsen und geht mit diesem zum medialen Sesambein, der andere ist mit dem Adduktor verwachsen und geht mit diesem zum lateralen Sesambein.

Innervation: Medialer Kopf durch N. plantaris medialis (segmentale Nerven: L 5, S 1); lateraler Kopf durch N. plantaris lateralis. (Segmentale Nerven: S 1, S 2.) Außerdem die beim Adductor hallucis erwähnte motorische Anastomose zwischen Nervus lateralis und medialis mit unbestimmter Austauschmöglichkeit beider Nerven für das Caput laterale. Blutzufuhr: A. plantaris medialis, Arcus plantaris.

Musculus abductor hallucis. Er ist der kräftigste kurze Fußmuskel. Sein Gewicht ist durchschnittlich um die Hälfte größer als das des nächst größten, des Adductor hallucis. Er ist prismatisch, liegt am inneren Fußrand oberflächlich unter der Faszie und der Haut, deckt mit seiner Unterfläche die Knochen, Sehnen und Gelenke des inneren Fußrandes und formt den Großzehenballen (Abb. 312). Die Basis entspringt vom Fersenhöcker, die Spitze inseriert mit starker Sehne am medialen Sesambein und am Innenrand der Großzehe (Abb. 311 b). Der Muskel entspringt unmittelbar am knöchernen Tuber calcanei, ist an den Verstärkungen der oberflächlichen Faszie (Ligam. laciniatum, Aponeurosis plantaris) und an den tiefen Bändern verankert und wirkt so unmittelbar auf alle Tarsalia des medialen Fußrandes. Er hält den am stärksten gebogenen medialen Teil des Fußgewölbes zusammen und verkürzt den Fuß, beugt die Großzehe und spreizt sie medialwärts von der 2. Zehe weg. Diese Bewegungen sind einigermaßen möglich, auch wenn die Großzehe durch das Schuhwerk in ihrer Beweglichkeit sehr gelitten hat. Ist die Großzehe zu sehr nach außen abgebogen (Hallux valgus, meist eine Begleiterscheinung des Pes valgus) oder ist die Zehe luxiert, so kann das mediale Sesambein durch den Zug des Abduktor in der durch die Luxation bedingten Lücke zwischen Metatarsale I. und Grundphalanx fixiert und die günstige Wirkung des Muskels in ihr Gegenteil verkehrt sein. Dann kann nur eine operative Behandlung den Konflikt lösen. Der Ursprung des Muskels am Ligamentum laciniatum überbrückt die Sehnen der tiefen langen Beuger und das Gefäßnervenbündel (Abb. 299). M. abductor hall. (Tab. Nr. 13), Abb. 299, 311 b, 312

Innervation: N. plantaris medialis mit drei Ästen, die proximal in die untere laterale Fläche eindringen. Der Muskel kann der Sitz spontaner Krämpfe sein wie bei den Wadenmuskeln. Segmentale Nerven: L 5, S 1. Blutzufuhr: A. plantaris medialis. Schleimbeutel: Eine tiefe Bursa zwischen Sehne und Grundgelenk der Großzehe kommt regelmäßig, eine subkutane Bursa zwischen Sehne und Haut (ebenfalls am Grundgelenk) kommt nach Insulten durch das Schuhwerk vor.

Die Aponeurosis plantaris hüllt die beschriebenen Muskeln der Sohlenfläche ein. Sie ist besonders derb über dem Mittelballen des Fußes und nach dem Fersenhöcker zu, wo sie den darunter liegenden Muskeln zum Ursprung dient. Da zwei derbe Septa von ihr zwischen je einer Seitenloge und der Mittelloge auf das Skelett zu in die Tiefe dringen und da die Aponeurose seitlich über die Klein- und Großzehenballen hinweg durch dünne Züge und Fasern mit der Fascia dorsalis pedis zusammenhängt, so hält sie die gesamte plantare Muskulatur fest zusammen und erhöht deren Leistungsfähigkeit für das Fußgewölbe. Sie läuft nach vorn in fünf Zipfel aus und hängt durch diese mit den Ligamenta vaginalia der einzelnen Zehen zusammen. Besondere Fasciculi transversi in der plantaren Falte zwischen den Zehen entsprechen den in der „Schwimmhaut" der Finger liegenden Fasern. Die Zehen stecken mit den Grundphalangen in den Interdigitalfalten, also tiefer als die Finger; sie sind von der Sohle aus gesehen besonders kurz. Vom Fersenbeinteil der Aponeurose aus gehen allseitig derbe Faserzüge (Retinacula cutis) in die Haut der Ferse (Abb. 304). Dieses dicke Polster trägt den Körper (Abb. 302). Bei jugendlichen Individuen ist es noch nicht so derb wie bei Erwachsenen und gibt daher nach. Im Röntgenbild sieht man daher bei ihnen das Skelett infolge Belastung des Fußes im Stehen auf den Boden zusinken. Gewöhnlich ist außer dem beim Abductor Aponeurosis plantaris, Abb. 304

hallucis genannten subkutanen Schleimbeutel auch einer an der Ferse (Bursa subcutanea calcanea) und einer an dem Grundgelenk der Kleinzehe zwischen Aponeurose und Haut zu finden, als Reaktion auf den Druck des Schuhzeugs. Die Haut des Kindes läßt noch die Ballen und auch die Hautleistchen erkennen, welche den Tastorganen entsprechen (ähnlich denen der Hand). Beim Erwachsenen ist die derbe Sohlenhaut mehr in eine Ebene ausnivelliert und oft sehr detailarm.

Ligamenta vaginalia, Abb. 299, 312

Die Ligamenta vaginalia der Zehen dienen als Schutz für die Digitalscheiden, in welchen die Sehnen der langen und kurzen Beuger der Zehen gleiten. Sie sind plantar von den Sehnen schwächer als die entsprechenden Bänder der Finger und nicht durch besonders auffallende Faserzüge verstärkt. Die seitlichen Partien sind dagegen besonders kräftig.

10. Einzelform der Fuß- und Zehenknochen, Zehengelenke.

Zu der früher gegebenen Übersicht über die Fußknochen (S. 591) sind in den folgenden Kapiteln zahlreiche Details hinzugetragen worden, welche auf der Zusammenarbeit von aktiven und passiven Bewegungsfaktoren beruhen. Ich stelle für die einzelnen Knochen das wesentlichste zusammen und füge Notizen über die Zehengelenke und über die Verknöcherungsweise der Knochen hinzu. Die Zehengelenke sind im allgemeinen den Fingergelenken ähnlich, nur in sehr vereinfachter Form.

Talus, Abb. 298, 301a, 304, 308b, 311

Das Sprungbein, Talus, gliedert sich in Korpus, Kollum und Kaput. Das Korpus ist platt würfelförmig. Die Oberfläche heißt Trochlea (Abb. 311a): die Seitenflächen tragen die Gelenkflächen für die Knöchel, Facies malleolaris lateralis et medialis. Mit der Trochlea zusammen sind sie einheitlich überknorpelt als Gelenkfläche für das Talokruralgelenk. Die Unterfläche trägt die Gelenkfläche für die hintere Kammer des Talotarsalgelenkes; sie heißt Facies articularis calcanea posterior (Abb. 308b). Es gibt noch zwei andere Gelenkfacetten für den Kalkaneus, Facies art. calc. media und anterior; sie sitzen auf dem Caput tali und gehören der vorderen Kammer des Gelenkes an. Das Corpus tali hat einen lateralen und hinteren Fortsatz. Der Processus lateralis ist oben überknorpelt, weil die Facies malleolaris lateralis besonders groß ist; sie ist dreieckig und erreicht mit der Spitze den Proc. lateralis (Abb. 311a). Unten ist der Fortsatz überknorpelt, weil sich auch die Facies artic. calcanea posterior auf ihn erstreckt. Durch diesen Fortsatz ist der Talus dem Kalkaneus angepaßt, der lateralwärts unter dem Talus steht. Der Kalkaneus trägt auf der medialen Fußseite das Sprungbein auf einem Fortsatz, dem Sustentaculum tali; auf ihm ruht der Taluskopf wie auf einer Konsole (Abb. 298). Der Processus posterior tali hat ein Tuberculum laterale und mediale; zwischen ihnen liegt der Sulcus m. flexoris hallucis longi (Abb. 295b, 311b). Das größere laterale Höckerchen entsteht als selbständige epiphysäre Verknöcherung und wird manchmal vom übrigen Talus durch eine Gelenkfläche abgegliedert: Os trigonum. Die Verwechslung mit einer Talusfraktur liegt nahe. — Das Collum tali ist gegen das Korpus auf dessen Unter- und Außenfläche scharf getrennt durch eine Rinne, Sulcus tali (Abb. 308b). Sie vereinigt sich mit einer entsprechenden Rinne des Kalkaneus zu dem engen Canalis tarsi, und nach außen zu dem weit offenen Sinus tarsi, da beide lateralwärts trompetenartig erweitert sind (Abb. 311a). — Das Caput tali ist unregelmäßig platt. kugelig, mandarinenförmig. Es trägt vorn die Facies articularis navicularis, unten die Facies articularis calcanea anterior und media (Abb. 308b). Die drei genannten Facetten sind einheitlich mit Knorpel überzogen, aber durch Leisten gegeneinander abgesetzt. Die Facetten entsprechen den Bestandteilen, aus welchen sich die Pfanne für den Kopf zusammensetzt (Navikulare und Kalkaneus; die Beziehung ist in den Namen angegeben). Die Gelenkfläche des Kaput ist oblong. Sie steht beim Fötus mit der Längsachse quer gerichtet, dreht sich aber entsprechend der Pronation und steht beim Erwachsenen schräg (Torsion des Collum tali.

Kalkaneus, Abb. 298, 301a, 304 307, 308a, 311

Das Fersenbein, Kalkaneus, ist der größte Fußwurzelknochen. Er ist länglich, viereckig. Der hintere Teil ragt allein nach hinten vor als Ferse oder Hacke. Tuber calcanei (Abb. 301a). Die Hinterfläche ist zum Teil glatt, und zwar im oberen Teil für die Bursa tendinis calcanei, im unteren Teil für den Ansatz der Achillessehne, Tendo calcanei (Abb. 295b). Zum Teil ist sie rauh; die Rauhigkeit läuft in einen medialen (größeren) und lateralen (kleineren) Höcker aus, Processus medialis und P. lateralis tuberis calcanei (Abb. 311b). Bei besonders kräftigen Knochen kann sogar je ein nach vorn gerichteter Sporn statt der Höcker bestehen.

Die Vorsprünge dienen den Plantarmuskeln zur Befestigung und sind dem Menschen eigentümlich. Sie ruhen auf dem Fußboden. Die tiefe Konkavität zwischen den Processus tuberis und der Unterfläche des Kalkaneus fehlt noch bei niederen Rassen. Der vordere Teil des Knochens, auf welchem der Talus ruht, heißt Korpus (Abb. 304). Da es lateralwärts zum Talus steht, geht von ihm ein besonders starker medialer Fortsatz aus, Sustentaculum tali, auf welchem der Talus wie auf einer Konsole seine Stütze findet. Der Kalkaneus hat drei Gelenkflächen für den Talus: Facies articularis posterior, media und anterior (Abb. 307). Die erstere liegt auf dem Korpus selbst; sie gehört zur hinteren Kammer des unteren Sprunggelenkes. Die beiden anderen helfen die Pfanne der vorderen Kammer bilden. Die F. anterior gehört noch dem Korpus selbst an (vordere mediale Ecke), die F. media befindet sich auf dem Sustentaculum tali. Beide können zu einer einzigen sandalenförmigen Gelenkfläche verschmelzen. Von der Facies posterior sind sie getrennt durch den Sulcus calcanei, der sich mit der entsprechenden Rinne des Talus zu dem Canalis und Sinus tarsi vereinigt. Die Vorderfläche des Korpus ist gebogen; sie trägt die dreiseitige Facies articularis cuboidea für das Würfelbein (Abb. 297). Die Seitenflächen des Korpus besitzen Furchen, in welchen die Sehnen der langen Fuß- und Zehenmuskeln gleiten. Medial unter dem Sustentakulum liegt der Sulcus m. flexoris hallucis longi, lateral der Sulcus m. peronaei longi (Abb. 311 b). Der obere Rand des letzteren trägt nicht selten eine Rauhigkeit oder einen Fortsatz, Processus trochlearis, ein Widerlager für die genannte Peronaeussehne (Abb. 296). Torsion des Kalkaneus siehe S. 604.

Das Kahnbein, Naviculare pedis, entspricht nicht dem Navikulare der Hand, sondern dem Zentrale, welches allerdings mit dem Kahnbein der Hand vereinigt sein kann. Es ist verhältnismäßig flach. Die Hinterfläche ist ausgehöhlt und überknorpelt, Facies articularis für das Caput tali (Abb. 308 a). Die Vorderfläche zerfällt in drei Facetten, die ebenfalls überknorpelt sind, die Gelenkflächen für die drei Keilbeine. Auch die äußere Seitenfläche kann eine kleine überknorpelte Gelenkfläche tragen (für das Würfelbein). Die mediale Seitenfläche springt als derber stumpfer Vorsprung vor, der für den Innenrand des Fußes charakteristisch ist, Tuberositas ossis navicularis (Abb. 311 a, b). Er verknöchert für sich und kann vom übrigen Navikulare getrennt bleiben. Es kommt auch ein Os cuboideum secundarium vor, das gewöhnlich vom Navikulare assimiliert wird. — Navikulare, Abb. 301 a, 304, **308** a, 311

Die drei Keilbeine, Cuneiformia, gleichen Keilen, die mit der Schneide nach unten oder nach oben gerichtet sind (Abb. 295 a). Man nennt sie von innen nach außen: Cun. primum, secundum, tertium. Das erste ist das größte, das zweite das kleinste; die Schneide des ersten ist dorsalwärts, die des zweiten und dritten sind plantarwärts gerichtet. Die Keilbeine tragen die drei inneren Strahlen des Fußes (gerade so wie bei der Hand das Multangulum majus, minus und das Kapitatum dies tun). Jedes Keilbein hat Gelenkflächen für das Navikulare, für die Metatarsalia und für die Nachbarkeilbeine, das dritte auch für das Würfelbein (Abb. 310). Außer für das Navikulare sind die Gelenkflächen streifenförmig und nur nahe der Dorsalseite gelegen; im übrigen sind die Seiten rauh als Ansatzflächen für die Ligg. interossea. Das erste Keilbein hat manchmal einen Fortsatz, welcher zwischen die Metatarsalia I und II hineinragt: Intermetatarseum. Man darf es nicht verwechseln mit Ossifikationen im M. interosseus externus I., die auch gelegentlich vorkommen. — Kuneiformia, Abb. **295** a, 304, 308 a, 311

Das Würfelbein, Cuboideum, entspricht dem Hamatum der Hand und trägt wie dieses zwei Strahlen. Die Gelenkfläche auf der Vorderseite hat zwei Facetten für das 4. und 5. Metatarsale (Abb. 295 a). Auf der Hinterseite ist die Gelenkfläche für den Kalkaneus. Lateral und unten hat der Knochen eine Rinne, Sulcus, welche nach hinten durch eine Erhabenheit überhöht wird, Tuberositas ossis cuboidei (Abb. 311 b). In die Rinne tritt nach dem 3. Keilbein zu die Sehne des Peronaeus longus ein. Am medialen Fußrand gleitet die Sehne nicht im Sulkus, sondern auf einer Facette der Tuberositas. Hier enthält die Sehne manchmal ein Sesambein, das im Röntgenbild eine Absprengung des Würfelbeines vortäuschen kann. Die mediale Seite artikuliert mit dem 3. Keilbein. Nach hinten zu ist sie zwischen Kalkaneus und Navikulare eingeschoben und mit Rauhigkeiten für die Bandbefestigungen zwischen Kuboideum und Navikulare bedeckt (Ligg. interossea, Abb. 310). — Kuboideum, Abb. 295 a, **308** a, 310, 311

Die Mittelfußknochen, Metatarsalia, sind den Mittelhandknochen ähnlich, der erste ist jedoch verhältnismäßig viel stärker, entsprechend dem Dickenunterschied zwischen Großzehe und übrigen Zehen. Der zweite ist wie bei der Hand am längsten. Der fünfte übertrifft an Stärke oft den 2.—4., meistens den 3. und 4. und immer den 4. Knochen. Das beweist seine Wichtigkeit als Strebe für den lateralen Fußrand. Bei allen unterscheidet man: Basis, Korpus und Kapitulum. Die Basis hat je eine Gelenkfläche für die Tarsalia (Kuneiformia oder Kuboideum) und — Metatarsalia, Abb. 304, 310, **311**



seitliche Gelenkflächen für die Nachbarmetatarsalia (Abb. 310). Nur das 2. Metatarsale artikuliert medial mit dem 1. Keilbein anstatt mit dem 1. Metatarsale. Das Metatarsale I. ist nicht abduzier- und opponierbar wie der Daumen. Es ist in Oppositionsstellung den übrigen parallel gestellt. Infolgedessen schaut der plantare Vorsprung, Tuberositas ossis metatarsalis I., an welchem der zur Opposition geeignete Muskel, der Peronaeus longus, inseriert, lateralwärts (Abb. 311 b). Das 5. Metatarsale hat auf der Außenseite eine Muskelapophyse für den Peronaeus brevis, Tuberositas ossis metatarsalis V., welche am äußeren Fußrand stark vorspringt und ein sehr charakteristischer Merkpunkt ist (Abb. 311 a). Die Flucht der Basen der Metatarsalia läuft von hier schräg nach vorn innen in einer gestaffelten Linie (LISFRANCsche Amputationslinie, S. 633, Abb. 310). — Die Mittelstücke, Corpora, des 2.—5. Metatarsale sind dorsal zu einer Leiste zugeschärft, welche die seitlichen Muskelfelder der Mm. interossei voneinander scheidet (Abb. 311 a). — Die Köpfchen, Capitula, sind beiderseits abgeplattet, schmal. Sie tragen seitliche Rauhigkeiten und Grübchen für Bandansätze. Die Gelenkflächen entsprechen ganz denen der Köpfchen der Mittelhandknochen. Beim ersten Metatarsale läuft die Gelenkfläche plantar in zwei Halbrollen aus, auf welchen zwei Ossa sesamoidea der Großzehe gleiten (Abb. 311 b). Diese folgen immer den Bewegungen der Grundphalanx. Sie sind an der Großzehe konstant (paarig), an der 2. und 5. Zehe inkonstant (unpaar).

Phalanges, Abb. 304, 311

Die Zehenknochen, Phalanges, sind kürzer als die gleichnamigen Knochen der Hand, entsprechen ihnen aber an Zahl und Bezeichnung: Grund-, Mittel-, End- (oder Nagel)phalanx; beim Großzeh nur Grund- und Endphalanx. Die Großzehe ist gegenüber niederen Zuständen (Affen) progressiv, die übrigen Zehen sind regressiv entwickelt. Durch die beiden entgegengesetzt gerichteten Prozesse ist ein Ausgleich erzielt; die Spitzen stehen in einer geraden, zur Fußachse schräg gestellten Flucht, also ganz anders als die Fingerspitzen der Hand. Ursprünglich ist die 2. Zehe am längsten, namentlich beim Kinderfuß. Die antiken Künstler haben diesen Typus mit Vorliebe dargestellt. Sehr häufig ist die Großzehe nicht nur die stärkste, sondern auch die längste Zehe des Erwachsenen geworden (86,7% der Fälle; in 6,3% gleich groß wie 2. Zehe, in 7% kleiner als 2. Zehe). Das beruht auf der fortschreitenden Reduktion der dreigliedrigen Zehen. Die 5. Zehe ist die rudimentärste (auch bei Japanern, Feuerländern, Wedda usw., also unabhängig vom Schuhwerk). Sie berührt manchmal nicht den Boden. In 36—50% der Fälle sind die Mittel- und Endphalanx der kleinen Zehe miteinander verwachsen, beim Fötus knorplig und beim Erwachsenen knöchern. Die Gelenkflächen der Mittel- und Endgelenke der Zehen sind weniger ausgearbeitet als bei den Fingern, aber im Prinzip ähnlich. Daß die Endphalanx der Großzehe gegen die Grundphalanx etwas im Winkel steht, ist in stärkerem Grad als beim Europäer in Ländern zu finden, in denen kein Schuhwerk getragen wird, also davon ganz unabhängig (Feuerländer, Wedda, Senoi).

Zehengelenke und -bänder

Die Zehengelenke zerfallen in solche zwischen den Metatarsalia und den Grundphalangen: Grundgelenke, Articulationes metatarsophalangeae, und in solche zwischen den Phalangen: Mittel- und Endgelenke, Articulationes interphalangeae (s. digitorum pedis im engeren Sinn). Die Grundgelenke ermöglichen den Zehen, wenn sie gestreckt sind, seitliche Randbewegungen (Ab- und Adduktionen zur Achse durch die 2. Zehe), die aber eingeschränkt werden, in dem Maß, als die Plantarflexion der Zehen fortschreitet. Der Mechanismus wird wie bei den Fingern gesteuert 1. durch die starken Seitenbändchen, Ligamenta collateralia, 2. durch die stark kugelige Form der distalen Gelenkflächen der Mittelfußköpfchen, 3. durch die mehr abgeplattete kugelige Fläche (Rollenform) der plantarwärts übergreifenden Gelenkflächen dieser Knochen. Die Kapseln sind schlaff, dorsal eng verwachsen mit den Sehnen der Streckmuskeln. Beim Metatarsale der Großzehe sind die beiden Sesambeine in die Kapsel eingelassen. Eine Knochenfirst des Metatarsale trennt sie voneinander. Sie sind darüber hinweg durch ein starkes Ligamentum accessorium plantare miteinander verbunden und stützen ganz erheblich die plantare Kapselwand des Grundgelenkes. Bei den dreigliedrigen Zehen ist ebenfalls die Pfanne der Grundphalanx in die Kapsel durch faserknorplige Platten fortgesetzt: Ligg. accessoria plantaria, ähnlich denen der Finger. Die Zipfel, in welche die Plantaraponeurose distal ausläuft, gehen zu den Ligg. accessoria und spannen sie. Der Gesamtquerschnitt der Zipfel ist so groß, daß für sie eine Belastungsmöglichkeit von ca. 150 kg berechnet wurde. Diese Verstrebungen kommen der Festigkeit der Kapseln der Grundgelenke zugute; die Zehen ruhen in ihnen in festen Widerlagern.

Die Ligamenta capitulorum transversa entsprechen ganz denen der Hand. Doch ist beim Fuß auch das Metatarsale des Hallux in sie mit einbezogen und unbeweglich gegen das Metatarsale II. fixiert. Ein durchlaufender Bandzug geht vom lateralen Sesambein der Großzehe bis zum Sesambein der Kleinzehe.

Die Mittel- und Endgelenke sind reine Scharniergelenke, aber bei den kleineren weniger sicher geführt als an den Fingern. Die Form der Gelenkflächen, die Kapseln und ihre Ausstattung mit Bändern ist im Prinzip gleich derjenigen bei den Fingern, aber bei den dreigliedrigen Zehen weniger gut ausgebildet und bei der kleinen Zehe am meisten zurückgebildet (über die Verwachsung siehe Phalangen; habituelle Stellung der Gelenke in der Ruhe, S. 639).

Ossifikationstermine

Die Entwicklung der Tarsalia, Metatarsalia und Phalangen ist dadurch von denen der Hand verschieden, daß die großen Tarsalia bereits beim Fötus ossifizieren (Kalkaneus, Talus und nicht selten auch das Kuboideum). Sie sind spezifisch menschliche Charaktere, die beim Fötus noch an Größe relativ zurückstehen. Sobald sie einem Röhrenknochen ähnlich in die Länge wachsen, nähert sich der Verknöcherungstermin dem der Mittelfußknochen, welche bereits früher den gleichen Weg beschritten hatten. Die ersten Ossifikationstermine der Tarsalia und Metatarsalia sind also nicht durch die Geburt voneinander getrennt wie zwischen Karpalia und Metakarpalia. Dies ist ein deutlicher Beweis dafür, daß die Größe eines Skelettstückes bestimmend für seinen Ossifikationstermin ist. Alle Tarsalia entstehen von einem Ossifikationsherd aus. Die Metatarsalia und Phalangen haben Dia- und Epiphysenkerne wie die entsprechenden Knochen der Hand. Die Diaphyse verknöchert peri- und enchondral, die Epiphysen nur enchondral. Die Tarsalia verknöchern nur enchondral.

Der Kalkaneus verknöchert im sechsten Fötalmonat, der Talus etwas später, das Kuboideum um die Zeit der Geburt, das dritte Kuneiforme im 1.—2. Lebensjahr, das erste im 2.—4. Jahr und das zweite im 3.—4. Jahr. Das Navikulare folgt als letztes im 5. Jahr. Etwa im 10. Lebensjahr folgt ein Epiphysenkern im Fersenhöcker des Kalkaneus, der im 14. oder im 15. Jahre partiell, erst im 17.—19. Jahre total mit dem übrigen Knochen verschmilzt (über das Os trigonum siehe S. 644).

Die Diaphysenkerne der Metatarsalia erscheinen bereits in der 8.—10. Fötalwoche, also von allen Verknöcherungen des Fußes zuerst. Die distalen Epiphysenkerne folgen erst im 3.—8. Lebensjahr und verschmelzen im 16.—21. Jahr mit den Mittelstücken. Basale Epiphysenkerne gibt es nicht (wie bei den Metakarpalia). Nur das Metatarsale der Großzehe verhält sich umgekehrt (also wie eine Phalanx, analog dem Metakarpale des Daumens). Die Diaphysen der Endphalangen verknöchern gleichzeitig mit den Diaphysen der Metatarsalia, diejenigen der Grundphalangen verknöchern im 4.—5. Fötalmonat, diejenigen der Mittelphalangen nicht vor dem 8. Fötalmonat. Nur die proximalen Epiphysen haben Epiphysenkerne, die im 3. bis 4. Lebensjahre erscheinen (die Endphalanx der Großzehe früher) und zur gleichen Zeit wie die distalen Epiphysen der Metatarsalia mit den Mittelstücken verschmelzen.

Der weibliche Fuß ist etwa 2—3 Jahre früher ausentwickelt als der männliche, dessen Daten hier gegeben sind.

11. Fuß und Zehen als Ganzes in Ruhe und Bewegung.

Eigenart des Fußgewölbes beim Menschen

Der Fuß hat die doppelte Aufgabe, den Körper zu tragen und die Fortbewegung zu erleichtern. Die erstere erfüllt er beim Standbein (der belastete Fuß auch „Standfuß“ genannt), die letztere beim Spielbein (Abb. 289). Beide Aufgaben stehen in einem Gegensatz zueinander, der nur beim Menschen gelöst ist. Das lehrt ein Blick auf Parallelen im Tierreich. Je schwerer die Körperlast wird (z. B. Nilpferd, Elefant), um so gerader werden die Beine zu Säulen gestreckt. Selbst das Fußskelett richtet sich in die Längsachse der Extremitäten: das Tier geht auf den Zehenspitzen unter Verzicht auf ausgiebige Eigenbewegungen des Fußes. An den Vorderbeinen ist das am deutlichsten. Bei geringem Körpergewicht sind dagegen die winkligen Knickpunkte der Extremitätenhebel sehr ausgeprägt. Das gegensätzliche Verhalten bei großer und geringer Körperschwere ist dadurch bedingt, daß das Gewicht im Kubus, die Muskelquerschnitte im Quadrat wachsen. Bei erheblicher Zunahme der Körperschwere kann die Muskulatur nicht mitkommen; deshalb wird die Unterstützung des Körpers auf einem anderen Wege gewonnen. Sind die Extremitäten gestreckt, so stützen sie sich und den Körper durch ihre innere Statik, wie die Trommeln antiker Säulen ohne Mörtel aufeinander ruhen und große Lasten tragen. Was an Beweglichkeit des Einzelbeines verloren geht, ist bis zu einem gewissen Grade ersetzt durch die vier Pendel, welche der Quadrupede abwechselnd zu seiner



Fortbewegung gebraucht. Beim Menschen ist dagegen die Streckung der unteren Gliedmaßen, die beim Knie besonders evident ist, ohne Verzicht auf den Hebelmechanismus des Fußes durchgeführt. Der Fuß steht beim Standbein rechtwinklig zum Unterschenkel, er ruht mit der „Sohle“ auf dem Boden.

Das Fußgewölbe, auf dessen Schlußstein das Körpergewicht ruht, ist als vollwertiger Ersatz dort gebildet, wo bei schwerfälligen Vierfüßlern die Beinsäulen geradlinig weiterlaufen, um die Körperlast auf den Zehenspitzen zu tragen. Das Gewölbe gibt eine größere Unterstützungsfläche für den einzelnen Fuß als die gestreckte Säule. Es ist von vorn nach hinten und von außen nach innen gebogen. Es wird bei Entlastung des Fußes im ganzen wie ein doppelarmiger Hebel benutzbar (Abb. 301 a); wir können es nach hinten auf den kürzeren Hebelarm und nach vorn auf den längeren Hebelarm kippen (Hacken- und Zehenstand). Das Spielen des Fußes zwischen diesen Extremen mit allen Varianten der dazwischen möglichen Bewegungen in den Fußgelenken ist eine Hauptbedingung für unser Gehen, Laufen, Springen; es erleichtert uns das Stehen auf zwei Beinen oder auf einem Bein im labilen Gleichgewicht des Gesamtkörpers auf sehr verschiedenartigem Terrain. Wir betrachten deshalb den Fuß nach den beiden Hauptaufgaben des Stand- und Spielbeines.

In der Organisation des Menschen hat die Natur die spezifische Lösung des statischen Problems durch das Fußgewölbe besonders entwickelt. Der Greiffuß der anthropomorphen Affen steht auf einer anderen Linie; bei ihnen ist der quadrumane Affentypus im Gegensatz zum quadrupeden Typus des Vier„füßlers“ voll ausgebaut (S. 583). Der menschliche Fuß ist wohl von einem Greiffuß ableitbar, scheint aber von vornherein seine eigenen Wege gegangen zu sein. — In der Höhlung des Fußgewölbes können die Gefäße ihren Platz behalten, welche so vor Druck bewahrt bleiben, soweit sie nicht zu oberflächlich liegen. Einen Arcus superficialis der Arterien wie im Handteller gibt es in der Sohle nicht.

Der Fuß des Standbeines: Gewölberippen und Strebebogen

Beim Standbein ruht das Fußgewölbe auf dem Fersenhöcker und den Köpfchen der Mittelfußknochen (Abb. 301 a). Die Zehen sind vorn, wo sie dem Horizontalschub am stärksten ausgesetzt sind, gegen die Köpfchen der Mittelfußknochen angelehnt, wie die Strebebögen den Rippen und Pfeilern eines gotischen Domes. Zu jeder Rippe des Gewölbes gehört ein Strebebogen. Alle Zehen zusammen helfen ganz wesentlich beim Stehen. Dafür ist charakteristisch, daß nach den militärischen Vorschriften die Erwerbsbeeinträchtigung eines Invaliden bei Verlust aller Zehen mit 40% berechnet wird, also ungefähr so hoch wie der Verlust des Fußes selbst (40—50%, falls keine wesentliche Verkürzung des Beines selbst besteht). Wenn also auch die Bewegungsmöglichkeit der Zehen, besonders der dreigliedrigen, nur kümmerlich ist, so sind sie darum doch nicht gleichgültig. Die zahlreichen Sehnen der langen und kurzen Muskeln fixieren sie; die durch Zipfel der Plantaraponeurose verstärkten Grundgelenkpfannen geben ihnen ein festes Widerlager (näheres S. 646).

Die Abwicklung des Fußes fällt wesentlich der Großzehe zu; deren Verlust wird bei Kriegsinvaliden mit 10% bewertet, also mit einem Viertel des Gesamtwertes der fünf Zehen für die Standfestigkeit des Fußes. Der Verlust einer einzigen der vier dreigliedrigen Zehen wird durch die anderen fast ganz ausgeglichen, namentlich beim beschuhten Fuß (0% Erwerbsbeeinträchtigung); bei Verlust von zwei Zehen werden die übrigen oft so verlagert, daß sie als Strebepfeiler unbrauchbar sind und den Gebrauch des Fußes im ganzen sehr stören.

Das Fußgewölbe selbst hat seinen höchsten Punkt an der Gelenkspalte zwischen Talus und Navikulare (Abb. 301 a). Den Fußrücken nennt man an dieser Stelle: Spanne oder Rist. Die knöcherne Unterlage der Fußsohle fällt von da aus nach allen Seiten ab. Wird das Gewölbe belastet, so wird der Druck vom Sprungbein aus, welches allein mit dem Unterschenkel artikuliert und die Last zuerst aufnimmt, auf die angrenzenden Knochen weitergegeben. Am stärksten sind das Fersenbein und die Ferse selbst betroffen. Ist das derbe Sohlen-

polster zwischen Plantaraponeurose und Haut (Abb. 304) noch nachgiebig, so sinkt der Fersenhöcker gegen den Boden ab (bei einem 10jährigen Mädchen um 8 mm), die Mittelfußköpfchen dagegen behalten ihren Abstand vom Boden. Plötzliche Stöße z. B. beim Aufspringen auf die volle Fußsohle werden gebremst, allerdings um so weniger, je unnachgiebiger das Polster wird. Beim 30jährigen Mann ist beim gewöhnlichen Stehen kein Absinken des Fersenhöckers auf dem Röntgenschirm zu sehen.

Verkürzung der Gewölbedurchmesser bei Belastung

Da die knöchernen Bausteine des Fußgewölbes durch Bänder miteinander verklammert sind, so sollte man erwarten, daß der Fuß, je stärker man ihn belastet, auch in sich etwas nachgibt, d. h. länger und breiter wird. Davon ist aber durch Röntgenaufnahmen nie das Geringste nachzuweisen. Der Fuß wird im Gegenteil bei vielen Individuen durch die Belastung ein wenig kürzer und schmaler. Dabei wirken passive und aktive Komponenten zusammen. Bei den letzteren ist das Eingreifen am leichtesten zu verstehen. Denn die Sehnen mancher Muskeln gehen steigbügelartig um das Fußgewölbe herum (Tibialis anterior und Peronaeus longus, Abb. 295a) und durchflechten sich unterhalb des höchsten Punktes des Gewölbes (Tibialis posterior und Peron. long., Abb. 311b). Durch diese Lage halten die Muskeln nicht nur kraft ihres Tonus dauernd das Fußgewölbe zusammen, sondern sie können jederzeit durch eigene Kontraktion eingreifen, um es an seinem gefährdetsten Punkt wie eine hochgezogene Brücke zu fixieren. Der Fuß muß sich also, je größer seine Belastung ist, um so mehr in allen Durchmessern, falls er sich überhaupt verändert, verkürzen.

Alle kurzen Muskeln, außer den Interossei, entspringen hinten am Fuß (unmittelbar oder mittels ihrer Befestigung an Bändern und Sehnen) und überspringen sämtliche Gelenke zwischen den Fußwurzel- und Mittelfußknochen. Straffen sich die kurzen Muskeln, so versteifen auch sie das Fußgewölbe im ganzen gegen die Richtung der Last, welche auf es drückt. Die plantaren Muskeln sind ungleich dicker als die dorsalen (Abb. 304); sie sind um so wirksamer, je mehr sie sich der Sehne des Bogens nähern, ja sie können durch die Befestigung an der oberflächlichen Plantaraponeurose diese besonders spannen wie die Sehne einer Armbrust. Sie stellen aber außerdem die Metatarsalia verschieden ein, je nachdem die Last von allen fünf Gewölberippen gleichmäßig getragen wird oder nur von einer oder von wenigen. Die Stellung des Fußes auf unebenem Terrain ist dafür maßgeblich. Die stärkste Muskulatur hat der innere Bogen, dessen Stützstrebe die Großzehe ist.

Alle kurzen Fuß- und Zehenmuskeln sind an der Stützung des Fußgewölbes beteiligt. Die Interossei wirken allerdings nicht auf das Fußgewölbe selbst, sondern nur auf die Stützstreben, die Zehen. Beim nackten Fuß, besonders an der Tierfährte, ist jedes erschwerte Stehen daran zu erkennen, daß die Zehenabdrücke tiefer in den Boden eingreifen. Jäger erkennen daran, ob ein Tier angeschossen ist.

Muskelsehnen unterstützen das Fußgewölbe

Der schwache Punkt des Fußgewölbes ist der innere Fußrand, weil die Höhlung nischenartig von medial her eindringt (Abb. 303). Der Dreimuskelkomplex: Tibialis anterior, Tibialis posterior und Peronaeus longus inserieren am inneren Bogen dicht beisammen (Abb. 295a). Die antagonistischen Muskeln fixieren, wenn sie gleichzeitig kontrahiert sind, den Endpunkt ähnlich wie die Oberarmmuskeln zusammen den gestreckten Arm im Ellenbogen versteifen (Bizeps, Brachialis, Trizeps). Der Peronaeus longus hält das Gewölbe in der Querrichtung zusammen. Für den Zusammenhalt in der Längsrichtung ist besonders wichtig der Flexor hallucis longus, dessen Sehne vom Wadenbein aus hinter dem Sprungbein und unter der Konsole des Fersenbeines hindurch nach vorn verläuft (Abb. 295b und a). Ein Nachgeben dieser Sehne erleichtert



dem Fersenbein, nach auswärts auszuweichen (Pronation, Abb. 298b, punktierter Kontur) und gibt dem Sprungbein die Möglichkeit, von der Konsole, auf welcher es ruht, nach innen abzurutschen (Pes valgus, Plattknickfuß). Diese statischen Wirkungen der Muskeln erklären uns, warum wir bei langem Stehen ermüden. Stehen ist sogar anstrengender als Gehen, weil der Fuß des Spielbeines im Gehen eine kurze Spanne Zeit zum Ausruhen hat. Wären die Bänder rein passiv imstande, das Fußgewölbe genügend zu stützen, so wäre bei Muskellähmungen wohl Unbeweglichkeit des Fußes, aber keine pathologische Veränderung des Fußgewölbes zu erwarten; aber sie ist in Wirklichkeit die unausbleibliche Folge solcher Erkrankungen (z. B. der akuten spinalen Kinderlähmung).

Außer den Wadenmuskeln, welche von der Hacke aus hauptsächlich den Unterschenkel und das ganze Bein äquilibrieren, aber auch besorgt sind, daß der Vorfuß in Kontakt mit dem Boden bleibt, unterstützen alle übrigen langen Muskeln in irgendeiner Weise aktiv das Fußgewölbe.

Die Querwölbung ist ein sehr alter Besitz des Säugerfußes, die Längswölbung ist dagegen dem Menschen eigentümlich.

Die Bänder stehen in Reserve

Die Bänder des Fußes sind als passiver Apparat stets beteiligt bei der Stützung des Gewölbes, da sie das Knochenmosaik zu einer Einheit zusammenfügen; aber viele von ihnen stehen doch nur in Reserve und werden erst voll beansprucht, wenn die Muskulatur versagt. Es ist im allgemeinen unmöglich, den Fuß im ganzen um mehr als 30° über die Horizontale zu heben und ihn weiter als bis 40° gegen die Horizontale zu senken. Ebenso gibt es im Fuß für jede Stelle Anschläge, welche jede weitere Bewegung der Knochen gegeneinander hemmen, solange die Bänder und Knochen selbst intakt sind. Die zahlreichen Bänder zwischen und unmittelbar auf den Fußknochen entsprechen den besonderen Wirkungen des Gewölbedrucks. Die Plantaraponeurose wurde bereits bei den Muskelwirkungen erwähnt. Sie ist auch rein passiv tätig, weil sie von der Ferse bis zu den Mittelfußköpfchen ausgespannt ist (Abb. 304).

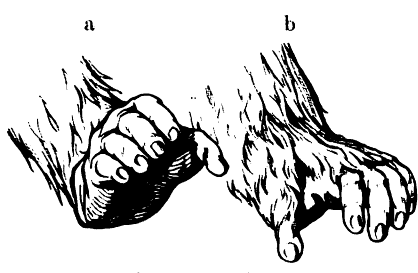


Abb. 313. Rechter und linker Greiffuß, Gorilla.

Verlust der Opposition der Großzehe

Die Großzehe ist beim Fuß in die Reihe der übrigen Zehen getreten. Beim Greiffuß der meisten Affen kann sie opponiert werden wie der Daumen gegenüber der Handfläche (Abb. 313). Das ist selbst bei solchen Menschenrassen verschwunden, welche ihre Zehen verhältnismäßig gut bewegen und zum Greifen benutzen können (z. B. zum versteckten Schleppen von Speeren, Australier); auch Kinder oder armlose Menschen mit höchster Leistungsfähigkeit der Fußmuskeln und -gelenke können doch nie Oppositionsbewegungen analog denen des Daumens machen. Die Erstarrung des Tarsometatarsalgelenkes der Großzehe und die Verankerung seines Mittelfußköpfchens mit den Nachbarn durch das Lig. transv. capitul., welches bei der Hand zwischen Daumen und Zeigefinger fehlt, sind beim Fuß unüberwindbar. Der erste Mittelfußknochen ist basal opponiert (durch die Sehne des Peronaeus longus), aber in Opposition festgestellt. Das Köpfchen und die Großzehe selbst liegen dagegen mit den plantaren Flächen breit dem Boden auf, wie es der Daumen gar nicht vermag. Umgestaltungen des Fußskeletts, die hiermit zusammenhängen, sind proximal bis zum Sprungbein nachgewiesen worden. Die konstante Lage und die ganze Ausstattung des Großzehenstrahls war erst möglich, nachdem er die Opponierbarkeit zugunsten des Fußgewölbes geopfert hatte und als fünfte Rippe in dasselbe aufgenommen worden war. Sie ist eines der charakteristischen Merkmale des menschlichen Fußes.

Die geradlinige Richtung des Innenrandes des Fußes ist für die Gewölbeform am günstigsten. Unter den meisten menschlichen Rassen ist die Großzehe bei mehr als 50% der Individuen größer als die 2. Zehe. Darin kommt auch

zum Ausdruck, daß die Abwicklung des Fußes beim Spielbein auf die Großzehe abgestellt ist.

Der Fuß des Spielbeines: sein Verkehrsraum

Beim Spielbein ist die Bewegung des Fußes abhängig von dem Sprunggelenk und den langen Muskeln, welche sämtlich das Sprungbein überspringen und deshalb im allgemeinen gleichzeitig sowohl in den super- wie subtalaren Kammern des Gelenkes wirken. Wir wissen, daß das Talokruralgelenk ein Ginglymus ist und daß in ihm lediglich reine Dorsal- und Plantarflexionen möglich sind; alle übrigen Bewegungen erfolgen anderswo (Fuß, Knie, Hüfte). Bezüglich der letzteren soll hier zunächst nur die Rede sein von den Bewegungen im Talotarsalgelenk, einem Drehgelenk oder Trochus. Die eigentümliche „Maulschellenbewegung" in diesem Gelenk ist eine Mischbewegung aus Pronation, Abduktion und Dorsalflexion nach der einen Seite und Supination, Adduktion und Plantarflexion nach der anderen Seite (Abb. 306). Das gesamte Sprunggelenk, ein Trochoginglymus, eröffnet dem Fuß einen ähnlichen Verkehrsraum wie ein Kugelgelenk. Wie beim Kopfgelenk (Art. atlanto-occipitalis und Art. atlantoepistrophica) wirken zwei getrennte Gelenke zusammen, die, falls sie zu einem vereinigt wären, innerhalb des Verkehrsraumes keine größere Freiheit der Bewegung, wohl aber geringere Festigkeit und Sicherheit hätten. Die Größe des Verkehrsraumes des Sprunggelenkes im ganzen ist in den verschiedenen Lebensaltern sehr verschieden. Sieht der Beobachter von vorn auf die Fußspitze und läßt diese wie einen Schreibhebel den ihr eigenen Verkehrsraum bestreichen, so erhält er beim Säugling eine Fläche, welche nur wenig von einer Halbkugel abweicht (Abb. 314). Lateralwärts gibt es gar keine, dorsalwärts, plantarwärts und medialwärts nur geringe Einschränkungen. Mit den ersten Gehversuchen kommt es zu einer ziemlich gleichmäßigen Einengung des Bewegungsfeldes (senkrechte Schraffur); dann wird sie immer ausgesprochener, je mehr die Führungen durch definitive Verknöcherung und scharfe Skulpturierung der Gelenkflächen unnachgiebiger werden (schräge Schraffur); im Greisenalter kommt eine weitere Einschränkung durch die Rigidität der Bänder und Muskeln hinzu (horizontale Schraffur). Der Verkehrsraum des Erwachsenen ist ein hochstehendes, bei Jugendlichen ein querstehendes Oval. Die Maße schwanken sehr nach individueller Übung, Lebensweise und Beruf.

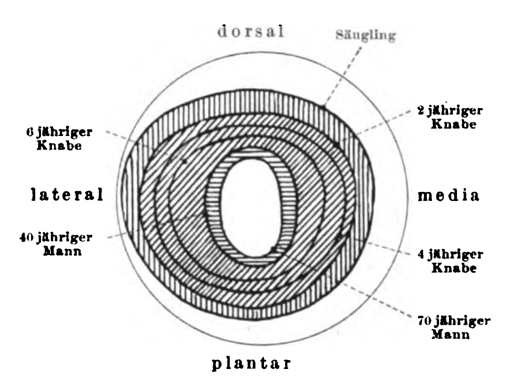


Abb. 314. Verkehrsraum des Fußes. Die Einschränkungen mit zunehmendem Alter sind durch verschiedene Schraffur wiedergegeben. Die abschließende Kreislinie der Abbildung entspricht dem idealen Bewegungsglobus (vgl. Abb. 200b; geradeso, wie dort die Fingerspitzen den Verkehrsraum bestreichen, so ist es in diesem Fall von der Fußspitze gedacht). Nach Messungen von Hübscher (H. hat den Zeiger senkrecht zur Fußsohle befestigt, für das Resultat ergibt die hier angenommene Stellung des Zeigers keine Abweichung; D. Zeitschr. f. Chir. Bd. 59, 1901).

Summation und Subtraktion der Bewegungen in den Sprunggelenkskammern

Innerhalb des Verkehrsraumes erlaubt der Trochoginglymus dem Fuß, jede Stelle zu erreichen und an jedem Punkt um die Längsachse zu rotieren. Die Flexionen im oberen und im unteren Sprunggelenk können zueinander addiert oder voneinander subtrahiert werden. Der Fuß braucht also keineswegs bei Abduktion und Pronation dorsalflektiert zu werden, wie es der Zwangslauf im Talotarsalgelenk verlangt, sondern das Talokruralgelenk kann durch kräftige Plantarflexion die Fußspitze so stark hinabdrücken, daß als Schlußresultat der Gesamtbewegung: Abduktion + Pronation + Plantar-

flexion herauskommt. Die mit Dorsalflexion einhergehende Schlußstellung nennt man: Calcaneovalgus, die Kombination mit Plantarflexion heißt: Equinovalgus. Ebenso können Adduktion + Supination + Dorsalflexion kombiniert sein; auch in diesem Falle ist die zwangläufige Plantarflexion des Talotarsalgelenkes durch entgegengesetzten Ausschlag im Talokruralgelenk überkompensiert. Man nennt die aus den Ausschlägen in beiden Gelenken kombinierte Schlußstellung: Kalkaneovarus, die vom unteren Sprunggelenk allein bedingte Stellung: Equinovarus.

Die vier genannten Stellungen sind typische Zwangsstellungen des Fußes, wenn die Beweglichkeit durch pathologische Prozesse gestört oder aufgehoben ist. Die Namen sind abgeleitet von den pathologischen Haupttypen: dem Pferde- oder Spitzfuß, Pes equinus (Fuß im Zehenstand fixiert), dem Hackenfuß, Pes calcaneus (Fuß im Hackenstand fixiert), dem Klumpfuß, Pes varus (Fuß in Supination fixiert) und dem Plattknickfuß, Pes valgus (Fuß in Pronation fixiert).

Wird das obere und das untere Sprunggelenk für die Flexionen gleichsinnig beansprucht, so wird der Ausschlag natürlich größer als in jedem einzelnen allein; daher ist beim Erwachsenen der Bewegungsumfang für die Flexionen größer als für die Abduktionen (Abb. 314, 315).

Bewegungsmodell der langen Fußmuskeln

Die Anordnung der Muskulatur steht mit den Führungsflächen und -bändern der Gelenke in bestimmter Korrelation. In Abb. 315 sind für den Verkehrsraum des Erwachsenen nach einem Bewegungsmodell die Kurven aufgezeichnet, welche die Großzehe im Verkehrsraum beschreibt, wenn man die langen Fußmuskeln einzeln wirken läßt. Jeder Pfeil gibt den Muskel an, welcher die Großzehe ihre Kurve machen heißt. Die Linien für die Dorsalflexoren zeigen mit der Pfeilspitze aufwärts, diejenigen für die Plantarflexoren abwärts. Zwei Ausgangsstellungen des Fußes sind zu Hilfe genommen (gestrichelte Linien), weil die Muskelwirkung dadurch am deutlichsten wird. In der Ausgangsstellung für die Plantarflexoren steht der Fuß etwa rechtwinklig zum Unterschenkel (Stellung I), in der Ausgangsstellung für die Dorsalflexoren hängt er herab (Stellung II). Die Pfeilspitzen markieren jeweils die Endstellung der Großzehe, welche der betreffende Muskel erzielt. Beispielsweise drückt der Peronaeus longus die Großzehe aus Stellung I (Punkt) bis an die Pfeilspitze der von ihm erzielten Kurve hinab. Infolgedessen kommt der Fuß durch ihn in Plantarflexion, Pronation und Abduktion zu stehen (Linie I wird gesenkt, und zwar so, daß sie nicht mehr horizontal steht, sondern schräg gerichtet ist — umgekehrt schräg wie Linie II. Außerdem berührt die Großzehe schließlich nicht mehr den mittleren Meridian des Bewegungsfeldes wie in Stellung I, sondern sie ist lateralwärts bis zur Pfeilspitze der Peronaeuskurve verschoben — abduziert). In entsprechender Weise sind die übrigen Bewegungskurven der Abb. 315 zu lesen; über Pro- und Supination siehe die Legende. So erhält man einen handlichen Überblick über die im Verkehrsraum des Fußes wirksamen flexorischen, abduktorischen und rotatorischen Kräfte; man kann aus Abb. 315 ableiten, wie Kombinationen der einzelnen Muskelwirkungen ausfallen. Auffallend ist, daß der innere obere Quadrant des Bewegungsfeldes leer von direkt wirkenden Einzelzügen ist. Sowie aber einer der Züge, die im ventro-medialen Quadranten tätig sind, mit einem Fußhebemuskel gemeinsam kontrahiert wird, so wird die Großzehe nach oben und innen geführt, etwa bei Kombination des Tibialis posterior oder auch des Triceps surae mit dem Tibialis anterior usw.

Im ventro-lateralen Quadranten sind von dem Peronaeus longus und P. brevis allein nur verhältnismäßig kurze Wege ausführbar; kommt aber etwa der Extensor hallucis longus hinzu, so wird der Ausschlag der Großzehe nach der lateralen Seite stark erhöht (Abduktion); freilich wird die Plantarflexion gleichzeitig in Dorsalflexion umgekehrt und die Pronation wird aufgehoben.

Durch den Trizeps wird die Plantarflexion, welche der Peronaeus longus und P. brevis ausüben, beträchtlich gesteigert, aber dafür werden deren Abduktion und Pronation aufgehoben. So lassen sich durch bestimmte Kombinationen die Einzelwirkungen der Muskeln vergrößern oder ersetzen. Die Bewegungsrichtung des Tibialis anterior kann beispielsweise am Bewegungsmodell durch nicht weniger als fünf verschiedene Kombinationen ersetzt werden: 1. durch den Extensor hallucis longus plus Flexor digit. longus; 2. durch den Extensor hallucis longus plus Tibialis posterior; 3. durch den Extensor hallucis long. plus Flexor hallucis long.; 4. durch den Extensor digit. long. plus Tibialis

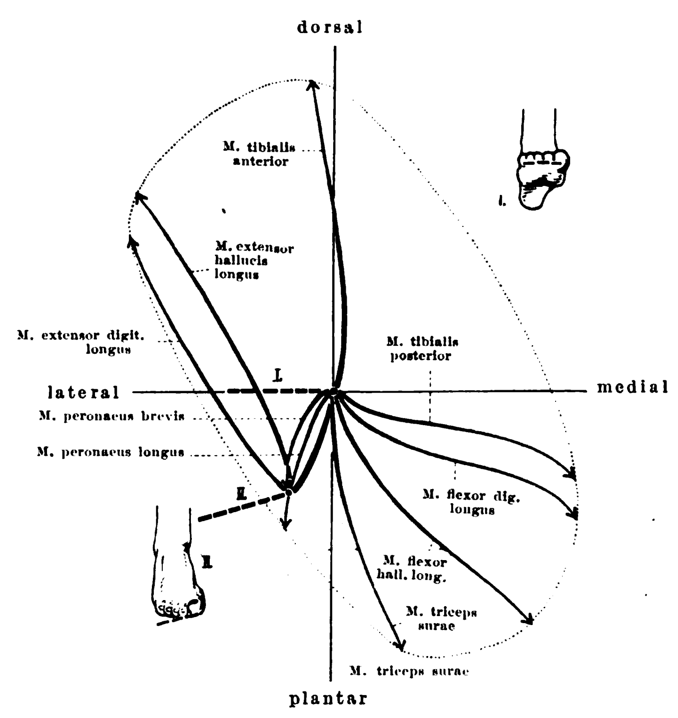


Abb. 315. Bewegungsmodell (zusammengestellt nach den von Biesalski ermittelten Kurven; Biesalski und Mayer, Physiologische Sehnenverpflanzung, Berlin 1916). Dem Modell liegt ein frisches Präparat des Erwachsenen zugrunde; Kurven entsprechend den für das Schlüsselbein an der Leiche ermittelten (Abb. 146). Für die Stellung I ist der Fuß rechts oben hinzugezeichnet, die gestrichelte Linie unterhalb der Zehen entspricht Linie I im Verkehrsraum; ebenso verdeutlicht der Fuß Nr. II links unten die Stellung der Linie II im Verkehrsraum (Biesalski ließ Fuß I bei den Messungen mit dem Fußrücken abwärts hängen, um nicht durch die Mitwirkung der Schwere des Fußes bei der Plantarflexion getäuscht zu werden. Hier sind alle Pfeile auf die Stellung des Fußes mit dem Rücken nach oben bezogen). Die Großzehe ist in Stellung I und II im Verkehrsraum durch einen dicken Punkt wiedergegeben (laterale Kante des Hallux). Die Fortbewegung dieses Punktes ist durch die Pfeile eingezeichnet. Die Dorsalflexoren beginnen am „Punkt" der Linie II (also z. B. auch die dicke Pfeillinie des M. tibialis anterior). Die Plantarflexoren beginnen am „Punkt" der Linie I (also z. B. auch der Pfeil des M. peronaeus longus). Durch die Pfeilspitzen ist die Grenze des Verkehrsraumes gezogen (gestrichelte Linie; das Oval steht in diesem Fall etwas schräg, nicht senkrecht wie in Abb. 314). Um die Abbildung nicht zu sehr zu komplizieren, sind die Pro- oder Supinationswinkel der Linie I und II hier nicht eingetragen. Es genügt zu wissen, daß die drei Peronaei und der Extensor digitorum longus pronieren, alle anderen dagegen supinieren.

posterior; 5. durch den Extensor dig. long. plus Flexor dig. long. Bei der ersten der genannten Kombinationen nähert sich die Endstellung der reinen Wirkung des Tibialis anterior am meisten, bei der letzten am wenigsten. Doch bietet jede der fünf Kombinationen einen ausreichenden Ersatz für den Tibialis anterior, von welcher der gesunde Fuß bei allen starken Beanspruchungen in der Weise Gebrauch macht, daß er den Tib. ant. dadurch unterstützt und kräftigt. Der

Orthopäde hat die Wahl zwischen den genannten Kombinationen, wenn der Tibialis anterior gelähmt ist, um ihn durch andere Muskeln künstlich zu ersetzen.

Durch Sehnennaht lassen sich fremde Muskeln an die Stelle von zugrundegegangenen Muskeln setzen, welche auf deren Sehne wirken wie ein neuer Vorspann auf den gleichen Wagen. Für die Behandlung des Klumpfußes und vieler anderer Fußleiden ist durch Ausnützung dieser naturgegebenen Möglichkeiten sehr viel Segensreiches erreicht worden.

Durch Kombinationen gleichgerichteter Muskelwirkungen lassen sich unter Umständen ausgiebigere Grade der Bewegung erzielen, als die einfache Summe der Einzelbewegungen beträgt. Beispielsweise beträgt der Supinationswinkel des Tibialis posterior 18°, des Trizeps 7°, beider zusammen nicht 18+7=25°, sondern in Wirklichkeit 35°. Durch die gemeinsame Leistung wird also unter Umständen ein ganz neuer Weg der Bewegung eingeschlagen, wie ein aus dem Gleis gehobener Wagen ganz anders rollt trotz der gleichen Bespannung („ausgleichender Richtungswechsel der Bewegung", BIESALSKI).

Größe der Ausschläge in den gesamten Fußgelenken und Überwiegen einzelner Muskelgruppen

In allen Fußgelenken zusammen sind beim Erwachsenen dorsale und plantare Flexionen des Fußes in einem Gesamtumfang von einem rechten Winkel und mehr möglich (durchschnittlich 70—105°). Es gibt nur 3 lange Dorsalflexoren, aber 7 lange Plantarflexoren (darunter der aus 3 Muskeln bestehende Triceps surae). Sie sind aus Abb. 315 samt ihren Nebenwirkungen ablesbar. Die Ab- und Adduktionen in allen Fußgelenken zusammen werden vom Erwachsenen in einem Gesamtumfang von höchstens einem rechten Winkel ausgeführt (durchschnittlich 60—90°). Es gibt 4 lange Adduktoren, darunter den Trizeps, und 4 lange Abduktoren (Abb. 315). Der Ausschlag bei Pro- und Supinationen in allen Fußgelenken zusammen ist bei Erwachsenen sehr verschieden groß, erreicht aber nie einen rechten Winkel (durchschnittlicher Umfang 20—40°). 4 lange Pronatoren stehen 6 langen Supinatoren gegenüber, darunter dem Trizeps (siehe Legende zu Abb. 315).

Das Überwiegen der Plantarflexoren, Supinatoren und Adduktoren beruht größtenteils auf ihrer Bedeutung für das Standbein: sie sind die Hauptmuskeln für die Stütze des Fußgewölbes, besonders für den inneren Fußrand und für das Gleichgewicht des Unterschenkels und Körpers auf dem Fuß im aufrechten Stehen. Sie haben außerdem die besondere Aufgabe, beim Spielbein den Fuß vom Boden abzuwickeln, was gegen die Körperschwere geschehen muß. Als Abrollorgan ist hauptsächlich die Großzehe tätig, also die Verlängerung des medialen Fußrandes, welchen jene Muskeln dirigieren. Während die Ferse gehoben wird, legt sich die Großzehe mit ihrer ganzen Unterfläche dem Boden an; sie wird vom Boden zuletzt abgerollt (Abb. 289). Sie kann deshalb gegenüber den anderen Zehen nicht wesentlich kleiner sein analog dem Daumen. Sie trägt beim Gehen vorübergehend die ganze Körperlast, ehe das andere Bein Standbein wird und ist entsprechend kräftig. Je schneller der Gang ist, um so mehr wird die Großzehe angestrengt, am stärksten beim Laufen und Springen. Außer den langen Muskeln sind besonders die kurzen Muskeln der Großzehe beteiligt. Menschen, denen die Zehen amputiert werden mußten, haben einen unbeholfenen, stampfenden Gang (Sohlengang).

Beteiligung des Hüft- und Kniegelenkes an den Fußbewegungen, Differentialdiagnose

Außer im Sprunggelenk können Bewegungen des Fußes noch im Knie- oder Hüftgelenk ausgeführt werden. Die meisten Menschen sind sehr ungeschickt darin, auf Verlangen den Fuß im Sprunggelenk anders zu bewegen als ihn rein zu heben und zu senken. Sie bevorzugen, ohne es zu wissen, das Hüftgelenk, wenn man sie auffordert, den Fuß zu ab- oder adduzieren. Besonders die beiden Möglichkeiten, den Fuß samt Unterschenkel im Knie oder den Fuß allein im Sprunggelenk zu rotieren, sind fast allen Laien unbekannt, obgleich sie zweifellos instinktiv im Bedarfsfall sehr wohl auseinander gehalten und zweckmäßig verwendet werden. Eine bewußte Benutzung muß meistens erst

erlernt werden, und zwar oft unter Überwindung ziemlicher Schwierigkeiten. Bewegungen im Hüftgelenk sind sofort daran zu erkennen, daß sich der äußerlich sicht- und fühlbare große Rollhügel mitbewegt. Durch Rotationen im Hüftgelenk können Ab- und Adduktionen der Fußspitze nur erzielt werden, wenn das Bein gestreckt ist. Wird das Knie gebeugt, so macht der Unterschenkel seitliche Ausschläge wie ein Zeighebel, statt rotiert zu werden. Ab- und Adduktionen des Fußes können also bei gebeugtem Knie nie durch das Hüftgelenk vorgetäuscht werden. Dagegen können Ab- und Adduktionen der Fußspitze im Kniegelenk nur bei gebeugtem Knie ausgeführt werden, weil dabei das Schienbein rotiert werden muß; Rotationen des Schienbeins sind aber bei gestrecktem Knie ausgeschaltet. Man erkennt die Bewegung des Unterschenkels leicht daran, daß die äußerlich sichtbaren Knöchel mitgehen. Bei reinen Bewegungen im Sprunggelenk bleiben die Knöchel dagegen stehen. Ein einfacher Kunstgriff ist der, das im Knie gebeugte Bein an den Knöcheln festzuhalten: was dann von Bewegungen des Fußes möglich ist, sind wirkliche Bewegungen im Sprunggelenk! Läßt man dagegen den Mitbewegungen im Knie- und Hüftgelenk alle Freiheit, so wächst dadurch die Exkursion des Fußes nicht unbeträchtlich. Vor allem wird der Zwangslauf um die Achse des unteren Sprunggelenkes (Maulschellenbewegung) veränderbar. Wir können in der Tat den Fuß rein um seine Längsachse rotieren; dabei spielen ziemlich komplizierte Rotationen des Unterschenkels im Knie- und Ab- und Adduktionen des Oberschenkels in der Hüfte eine Rolle, die sehr verschieden sind, je nach der Neigung des Fußes zum Unterschenkel. Bei Menschen, welche ihre Füße zu allen möglichen „Hantierungen" erzogen haben, ist dieses Getriebe hochentwickelt (armlose Künstler, Handwerker; in Nordafrika z. B. arbeiten die Schmiede allgemein mit beiden Füßen und Händen gleichzeitig, indem sie auf dem Boden hocken). Der Durchschnittseuropäer ist auf kompliziertem Terrain darin sehr verschieden behend. Bei plumpen Menschen ist das verfügbare Register der Bewegungen sehr klein.

Die kurzen Fußmuskeln sind außer an den Bewegungen der Großzehe beim Abwickeln des Fußes auch an den Gesamtbewegungen des Fußes beteiligt (siehe Beschreibung der einzelnen Muskeln). Die Hacke macht durchaus nicht immer die gleichen Bewegungen wie der Vorfuß, nur in entgegengesetztem Sinne, sondern sie kann für sich bewegt werden. Das beruht ebenfalls auf der Tätigkeit der kurzen Fußmuskeln (auch einzelner langer, z. B. des Peronaeus brevis) und ist lokalisiert in anderen Fußgelenken als dem Sprunggelenk. Alle diese Fragen sind relativ unwichtig gegenüber der Tätigkeit des Vorfußes für das Spielbein.

Symmetrische Zwangsform des Fußes (Schuhwerk)

Eine der merkwürdigsten Erscheinungen der menschlichen Mode der verschiedensten Epochen und Völker ist die Vorliebe für bilateralsymmetrische Fußbekleidungen, während der normale Fuß doch ganz asymmetrisch gebaut ist. Bekanntlich leidet die Großzehe, nicht weniger auch die Kleinzehe, durch symmetrisch konstruierte spitze Stiefel, besonders auch durch die üblichen symmetrischen Strümpfe (um so mehr, je elastischer sie sind). Anatomisch richtig geformtes Schuhwerk muß der geraden Richtung des inneren Fußrandes beim unverbildeten Fuß (Abb. 306) Rechnung tragen, damit die Großzehe in der Verlängerung des Metatarsale I. liegt und als Abrollorgan volle Kraft aufwenden kann. Schuhreformer berücksichtigen häufig nicht genügend die Kleinzehe. Für die Statik des Fußgewölbes kommt es aber darauf an, daß alle Zehen ihre volle Widerstandskraft im Schuh behalten. Die Elastizität der Sohlenspitze ersetzt zwar vielen Menschen, was die im Schuh verkrümmten Zehen nicht mehr leisten können. Der nackte Fuß ist dann um so unbeholfener. Hohe Absätze erhöhen den Horizontalschub für den Vorfuß beträchtlich und fördern die unmittelbar umgestaltende Tätigkeit unzweckmäßigen Schuhwerks auf die Zehen mittelbar ganz außerordentlich.



F. Spezielle Bewegungsorgane des Kopfes (und Kopfmuskeln des Halses).

I. Der Schädel.

1. Sein Verhältnis zum Kopf im ganzen.

a) Verschiedene Aufgaben des Schädels.

Der Knochen als Maßstab für die Bildungsfaktoren

Der Kopf ist nur in geringem Grad Träger von Bewegungsapparaten. Während die Extremitäten ganz wesentlich im Dienste der Bewegung stehen — ihre Teile gehören direkt zum Bewegungsapparat selbst oder dienen ihm indirekt, indem sie den eigentlichen Bewegungsorganen Blut oder nervöse Reize zuführen und sie gegen die Außenwelt abschließen —, ist der Kopf Träger des Gehirns, der höheren Sinnesorgane, der Eingeweide des Mundes und der Nase. Er nimmt zweckmäßig in der Verteilung des Stoffes die ihm hier zugewiesene Stelle ein, weil wir so zu dem nächsten großen Hauptabschnitt, den Eingeweiden, den Übergang gewinnen. Es wäre unrichtig, wenn man glauben würde, alle bisher besprochenen Teile des Körpers seien ausschließlich Bewegungsapparate. Wir haben auf andere Aufgaben in den betreffenden Kapiteln hingewiesen; ganz allgemein ist klar, daß allein der Überzug mit Integument auf die Größe der Hautfläche im ganzen und die von ihr abhängige Wärmeregulation, auf die Verteilung der Empfindungsorgane für Gefühl, Schmerz und Temperatur bedeutenden Einfluß hat. Der deutlichste Maßstab für die Bedeutung eines Körperteils im Gesamtgetriebe ist bei den verschiedenen Regionen der Knochen. Wenn er auch nicht anders als alle übrigen Organe die Beanspruchungen wiederspiegelt, denen er ausgesetzt ist, so ist er doch wegen der mineralischen Konsistenz am bekanntesten und übersichtlichsten. Sein Gepräge verrät, wer die wesentlichsten Gestalter einer Region sind.

Der Schädel — so nennen wir bekanntlich das Skelett des Kopfes — ist auf den ersten Blick die harte Schale um lebenswichtige Organe, wie das Gehirn, Auge und Ohr; die aus dem Griechischen übernommene fachmännische Bezeichnung Kranium (mit κερασ' zusammenhängend = hart, fest) und Teilbezeichnungen, wie die Hirnschale (Calvaria, lateinisch calva) verraten auch ethymologisch, daß der Mensch, als er diese Wörter bildete, jene Funktionen des Schädels kannte und sie für die wichtigsten ansah.

Der Bewegungsapparat gibt uns aus bestimmten Gründen Anlaß, zunächst über das, was wir unter Schädel anatomisch zu verstehen haben, und über die Elemente, aus denen er besteht, eine Übersicht zu gewinnen. Für unsere bilologische Auffassung könnte es so scheinen, als ob er, falls er nur von der Form des Gehirns, der höheren Sinnesorgane und der Kopfeingeweide aus zu verstehen wäre, hier gar nicht seinen richtigen Platz fände. Dies ist nicht richtig. Aber es wird sich doch zeigen, daß die Anlage dieses Buches beim Schädel zu der Konsequenz führt, daß wir nicht, wie es die beschreibende systematische Anatomie tut, alle seine Einzelheiten zusammenstellen und hintereinander studieren, sondern daß wir auf seine Einzelgestalt in den verschiedensten Abschnitten des Buches einzugehen haben. Was infolgedessen an Einheitlichkeit der Detailbetrachtung verloren geht, wird reichlich aufgewogen dadurch, daß an die Stelle der Aufzählung von Wissensstoff

ursächliches Formverständnis und Anregung zum eigenen Denken zu setzen versucht wird. Eingefügte Tabellen über die Knocheneinzelheiten sollen überdies für den Fortgeschrittenen eine bequeme Zusammenstellung und Orientierung geben.

Korrelation zum Bewegungsapparat und Gehirn (Kugel)

Weshalb gehen wir von der Bewegungsmaschine des Körpers aus, um Einblick und Überblick in und über die Prinzipien des Schädelbaues zu gewinnen? Daß der Knochen ganz allgemein nicht lediglich Stützorgan für Muskeln ist, ist uns bekannt. Er ist z. B. eine feste Kapsel für das Knochenmark, jenes zarte Organ der Blutbildung, welches in ihm Unterschlupf gefunden hat; das Becken umhüllt die Eingeweide, insbesonders beim Weibe die keimende und wachsende Leibesfrucht; das Fußgewölbe bewahrt wichtige Gefäße des Fußes (Arcus plantaris) vor dem Druck der Sohle beim aufrechten Stehen und Gehen und schützt sie besser, wie wenn sie auf dem Fußrücken lägen. Diesen Beispielen gegenüber ist der Schädel zwar in weit höherem Maße Hülle und Kapsel für leicht verletzliche Organe, aber auch er ist in steter Korrelation zum Bewegungsapparat geworden. Ja bei den wasserlebenden niederen Wirbeltieren ist noch jetzt das Heer von Elementen, aus welchen sich der definitive Schädel aufbaut, über einen großen Teil des Körpers verstreut und in sehr hohem

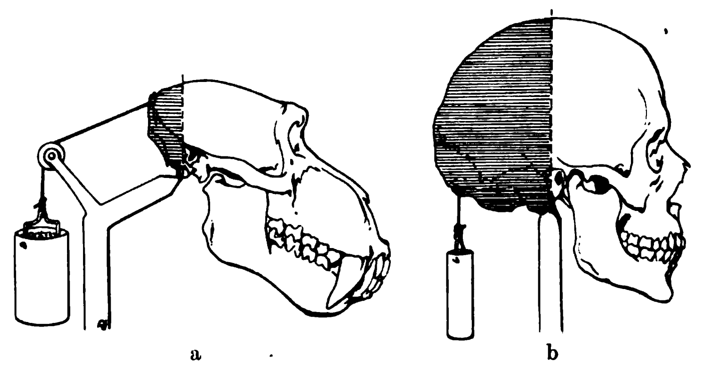


Abb. 316. Schimpanse- und Menschenschädel. Frei schwebend aufgestellt. An Stelle des Nackenbandes ein Zug mit Gewicht, welches den Schädel gerade trägt. Der hinter dem Unterstützungspunkt befindliche Schädelteil schraffiert (nach einem Modell von Th. Mollison, anthrop. Samml. Heidelberg).

Grade Teilstück der Bewegungsmaschine. Bei jenen mehr indifferenten Zuständen haben die Elemente des späteren Schädels überall noch ein Plätzchen gefunden; wenn aber das Landleben die Belastung steigert, die Fortbewegung erschwert und vollends bei der aufrechten Körperhaltung werden die verstreuten Elemente gesammelt und zu einem möglichst geschlossenen Komplex vereinigt.

Der Schädel wird beim Vierfüßler im wesentlichen von den Rumpfmuskeln (tiefen Rückenmuskeln) und dem Nackenband getragen (Abb. 316). Die Haltung beim Menschen ist eine ganz andere und wesentlich von der Gewichtsverteilung abhängig. Je mehr sich der Kopf der Kugelform nähert, um so leichter ist er auf der Wirbelsäule im Gleichgewicht zu halten. Durch die Verteilung des Gehirns im Schädel und durch die anhängende Nackenmuskulatur balanciert unser Schädel im labilen Gleichgewicht; die Muskeln stehen in Reserve für eintretende Störungen des Gleichgewichts oder für beabsichtigte Veränderungen der Haltung des Kopfes. Außer den tiefen Rückenmuskeln, die am Nacken liegen und zum Rumpf gehören, sind viele andere, uns bereits bekannte Muskeln für Bewegungen des Kopfes im ganzen bereit, z. B. von der vorderen Rumpfwand abstammende Muskeln (Rektussystem des Halses) oder Extremitätenmuskeln, die vom Kopf abstammen (Trapezius, Sternokleidomastoideus).

Andere Kopfmuskeln, die am Halse liegen, werden in diesem Abschnitt erst zur Sprache kommen. Für die Blickrichtung, die Aufnahme der Schallwellen und der Riechreize, für die Reichweite der Sprache, die Einverleibung der Nahrung und Atemluft u. v. a. m. können durch diese Muskeln unzählige zweckmäßige Bewegungen mit um so geringerem Arbeitsaufwand gemacht werden, je besser das Gleichgewicht des Kopfes zum übrigen Körper ausreguliert ist. Zwei ganz verschieden lokalisierte Entwicklungsbedingungen kommen sich hier entgegen. Beim Gehirn läuft alles darauf hinaus, die Zentralstationen, welche das ganze Getriebe des Körpers regeln, und welche im übrigen Zentralnervensystem (Rückenmark) hintereinander liegen, so auf engem Raum zu vereinigen, daß nicht die Endstationen durch lange Zwischenstrecken getrennt, sondern möglichst einander genähert sind (siehe Band III, Gehirn). Die ideale Form dafür ist die Kugel. Sie gibt bei kleinster Oberfläche am meisten Raum für die Vermehrung der Gehirnsubstanz, ohne die Distanzen mehr als nötig zu vergrößern. Menschliche Föten haben wirklich einen kugeligen Schädel. Der Rundschädel war nicht etwa die Ahnenform des jetzigen Schädels, wie irrtümlich vermutet worden ist, sondern hier tritt am reinsten hervor, daß das Gehirn, welches in der individuellen Entwicklung des Körpers den meisten übrigen Organen weit voraus eilt, um rechtzeitig fertig zu sein und das Ganze leiten und regulieren zu können, einen kugeligen Schädel beansprucht, weil er relativ am meisten Raum gibt. Die Kugelform gibt an der Oberfläche reichlich Platz für die Muskeln und erleichtert das Innehalten des Gleichgewichtes auf der Spitze der Wirbelsäule beim aufrechten Stehen. Gehirnentwicklung und Muskulatur drängen also in gleicher Richtung darauf hin, den Kopf zu einem kugelförmigen Körper zusammenzupressen.

Spezielle Einflüsse von Bewegungsapparaten

Die spezifische Form des erwachsenen Schädels, welche von der Kugelform erheblich abweicht, ist auf zahlreiche lokale Bedingungen zurückzuführen, von welchen in einem späteren Kapitel für die verschiedenen Teile gesondert zu reden sein wird. Örtliche Bedingungen der definitiven Gehirnform, der Sinnesorgane und Muskeleinflüsse des Körpers (speziell auf die Schädelbasis) spielen dabei eine große Rolle. Hier sei nur einleitend von speziellen Formbeziehungen zu den Bewegungseinrichtungen des Kopfes selbst die Rede. Der Kauakt und die damit verbundenen Aufnahmeapparate für feste und flüssige Nahrung, die Schnüffelbewegungen zum Aufspüren einer Fährte, gewisse Abwehreinrichtungen des Schädels (Hörner, Geweihe), die Einstellung der Ohrmuscheln zum Lauschen, die Mimik sind je nach der Lebensweise bei den verschiedenen Tieren sehr verschieden entwickelt; beim Menschen sind sie zum Teil gar nicht vorhanden oder viel weniger ausgebildet und rudimentär oder aber — wie die mimische Muskulatur und ihre Aufgabe im Dienst der Sprache und aller höheren psychischen Funktionen — zu ungeheurer Entfaltung gelangt. Wenn der rasende Kaffernbüffel mit seinen Hörnern ein Pferd in die Luft zu werfen, oder der Löwe ein Rind im Maul fortzuschleppen vermag, so erscheint es uns selbstverständlich, daß am Schädel die Ansatzstellen der beteiligten Muskeln als starke Knochenhebel vorspringen, wie das überall an besonders beanspruchten Stellen des Skeletts der Fall ist (Muskel- und Bandapophysen). Aber die Dinge liegen doch nicht so einfach. Die Schädelskulptur des vorgeschichtlichen Menschen ist viel ausgesprochener als beim rezenten. Das hängt zum Teil mit der Körpergröße zusammen. Denn große Organismen haben ganz allgemein stärker profilierte Schädel als kleine, weil die Oberfläche nur im Quadrat, die Masse dagegen im Kubus wächst und beim großen Tier der relative Verlust an Oberfläche für die Anheftung von Muskeln durch Leisten und andere Vorsprünge ausgeglichen werden muß. Der rezente Mensch hat also wegen seiner geringen Größe und seiner Kulturgewohnheiten relativ geringe Knochenskulpturen und

ein graziles Knochengerüst seines Kopfes. Der modellierende Einfluß der mimischen Muskeln ist, obwohl sie nur die Haut bewegen und den Gesichtsausdruck mit einem Minimum von Kraftaufwand formen, für den Schädel nicht gering zu bewerten. Ein Beispiel dafür ist die äußere knorplige Nase, welche frei aus dem Gesicht vorspringt und welche nur dem Menschen zukommt. Das Material, welches bereits bei niederen Tieren vorhanden ist, aber unter Deckknochen versteckt liegt (Reptilien), entwickelt sich unter dem gestaltenden Einfluß der mimischen Muskulatur in der Phylogenie zu einem Vorsprung, welcher das Riechorgan in sich schließt und als Spür- und Schnüffelorgan, auch als Widerlager für die Kiefer Bedeutung gewinnt. Die mimische Muskulatur hat trotz unseres geringen Riechvermögens davon genügend bewahrt; sie hat auch sonst zahlreiche Spuren ihrer Tätigkeit dem Gesichtsteil des Schädels eingeprägt. Für alle Muskeln gilt, daß die Knochenbildung und -verteilung den von jenen ausgehenden Druck- und Zugkräften gewachsen sein muß.

Disposition für das Folgende

Nach diesen vorläufigen Feststellungen über die Abhängigkeit der Schädelform von allgemeinen und speziellen Einflüssen der Bewegungsapparate sehen wir unsere nächste Aufgabe darin, das Zustandekommen des Schädels aus seinen Urelementen aufzuzeigen und eine Übersicht über den fertigen Schädel zu geben. Der Beziehung der Elemente des Schädels zu den zugehörigen Muskeln wird dabei besondere Beachtung zu schenken sein, weil wir auf diese Weise auch für die Muskulatur verstehen lernen, wie sie und an welchen Stellen sie vom Schädel Besitz ergriffen hat. Denn je weiter die Bausteine ursprünglich verstreut liegen, aus denen der jetzt einheitliche Komplex entstand, um so mehr müssen auch Muskelverschiebungen beteiligt sein. Sie sind in der Tat beim Kopf größer als überall sonst. An der Grenze zwischen Rumpf- und Kopfmuskulatur gibt es direkte Verwerfungen und Verschiebungen der verschiedenen Schichten zwischen- und übereinander, wie wir sie aus der Stratigraphie der Erdrinde kennen (S. 203). Der Hals ist die Hauptstätte solcher Phänomene mit ihren Folgen für das Einzelindividuum, nämlich zahlreichen Varianten von Fall zu Fall, die wir auf Grund der generellen Entwicklung verstehen lernen.

b) Die primordialen Bauelemente des Kopfskeletts (Primordialkranium und Viszeralbogen).

Die ursprünglichen Komponenten des Kopfskeletts der Wirbeltiere sind zweierlei Art: 1. eine einheitliche für Gehirn und Sinnesorgane bestimmte Kapsel, das Primordialkranium, 2. ein vielgliedriger, die Kiemen stützender Spangenapparat, das Viszeralskelett (Abb. 317). Von dem neuralen Anteil (Nr. 1) wie von den branchialen Komponenten (Nr. 2, Branchia = Kiemen) sind Skelettstücke in mehr oder minder veränderter Form in den menschlichen Schädel übernommen worden und existieren in ihm jetzt noch als Knorpel oder Knochen (primordiale Elemente des Schädels, „Ersatzknochen"). Sie haben aber außerdem als Unterlage für Knochen gedient, welche ursprünglich dem Hautpanzer angehörten und erst nachträglich Anlehnung am Primordialkranium oder an den Viszeralbogen fanden („Deck- oder Mantelknochen"). Gehen die primordialen Elemente zugrunde, so brauchen es doch nicht diese Auflagerungen zu tun; ihr Vorhandensein ermöglicht vielmehr oft geradezu die Preisgabe der ersteren. Wir finden deshalb im Schädel ein Gemisch von primordialen Knorpeln und Knochen mit Deck- oder Mantelknochen und haben bei beiden Arten nach der neuralen oder branchialen Abkunft zu forschen. Vorläufig beschäftigen wir uns nur mit den primordialen Elementen.

Häutige, knorplige und

Das Primordialkranium durchläuft ein Vorstadium aus Bindegewebe (häutige Stufe) und verknorpelt dann zu einer einheitlichen Kapsel (knorplige

knöcherne Stufe

Stufe). Nur bei wenigen niederen Wirbeltieren (Zyklostomen, Haifischen) bleibt es, wie das ganze Skelett, auf dieser Stufe zeitlebens stehen — daher der Name „Knorpelfische". Wenn Ersatzknochen an die Stelle des Knorpels tritt (knöcherne Stufe), wie regelmäßig bei allen Wirbeltieren außer den genannten, so zerfällt das einheitliche Primordialkranium in distinkte Teile, welche sich von den Zentren der Ossifikation aus bilden. Wie lange Röhrenknochen bei der Verknöcherung in Dia- und Epiphysen zerfallen, so der Schädel in mehrere einzelne Zentren. Während aber Dia- und Epiphysen sich nachträglich zu einem einheitlichen Knochen zusammenschließen, bleiben die Schädelknochen

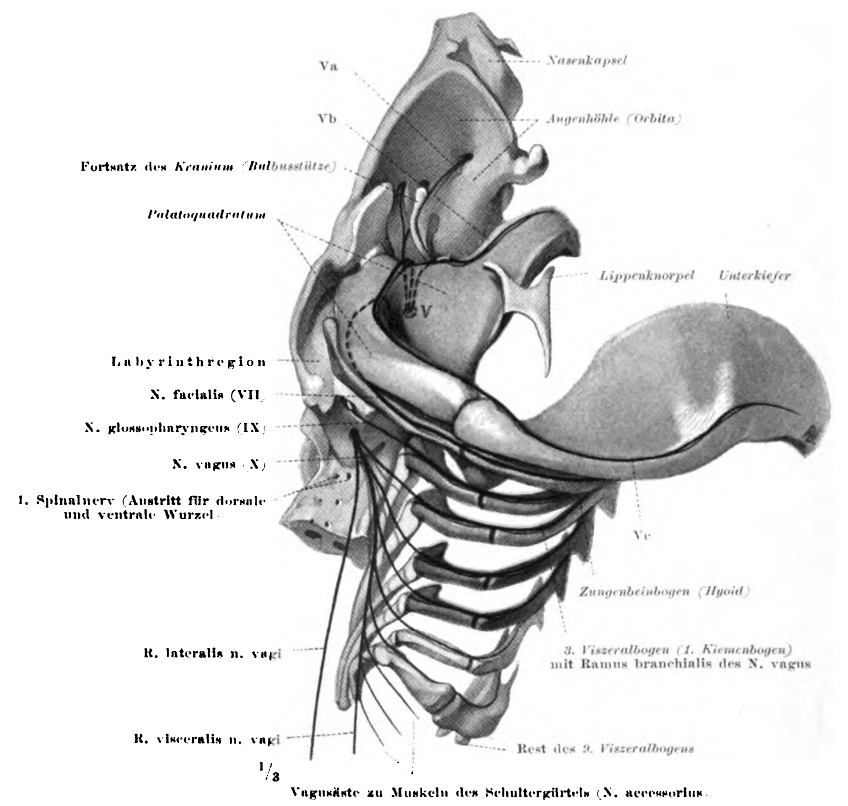


Abb. 317. Schädel- und Viszeralskelett eines Haies (Hexanchus griseus). Rekonstruktion der natürlichen Lage der Knorpel innerhalb des Körpers. Nerven schematisch ergänzt. Stellung entsprechend Abb. 318 (die natürliche Stellung des Fisches würde Abb. 321 entsprechen).

meistens zeitlebens getrennt. Das Primordialkranium ist also nur als Knorpel einheitlich, deshalb auch Chondrokranium genannt; es ist in der embryonalen Entwicklung eines jeden Wirbeltiers, auch des Menschen, vorhanden — wenn auch nicht ganz, so doch stückweise —, weil der Knorpel und seine Vorstufen biegsame, plastische Gewebe sind, welche dem Wachstum des Gehirns und der Sinnesorgane schneller folgen können als der Knochen. Letzterer ist anfänglich zu dünn, um genügenden Halt zu bieten, und kann später seine Gestalt nur durch völligen Umbau allmählich ändern. Der Knorpel ist außerdem ein „billigeres" Gewebe für den Etat des Embryo, als der auf reiche Kalkzufuhr angewiesene Knochen; er ist ein Platzhalter so lange, bis die Form für den Knochen hinreichend festgelegt ist und der Knochen endgültig an die Stelle

des Knorpels treten kann. Da das Knochenwachstum an den Rändern erfolgt, so muß eine in sich geschlossene Kapsel, wie das Primordialkranium in einzelne Territorien aufgeteilt werden, von welchen je eine Ossifikation Besitz ergreift. Die einzelnen Knochenparzellen sind gegeneinander etwas beweglich und verschieblich. Das Mosaik ersetzt bis zu einem gewissen Grad, was der harten Knochensubstanz gegenüber dem Knorpel an Nachgiebigkeit abgeht. Für die Deckknochen der Schädelhaube ist allgemein bekannt, daß selbst beim neugeborenen Menschen noch Lücken zwischen ihnen offen stehen (Fontanellen);

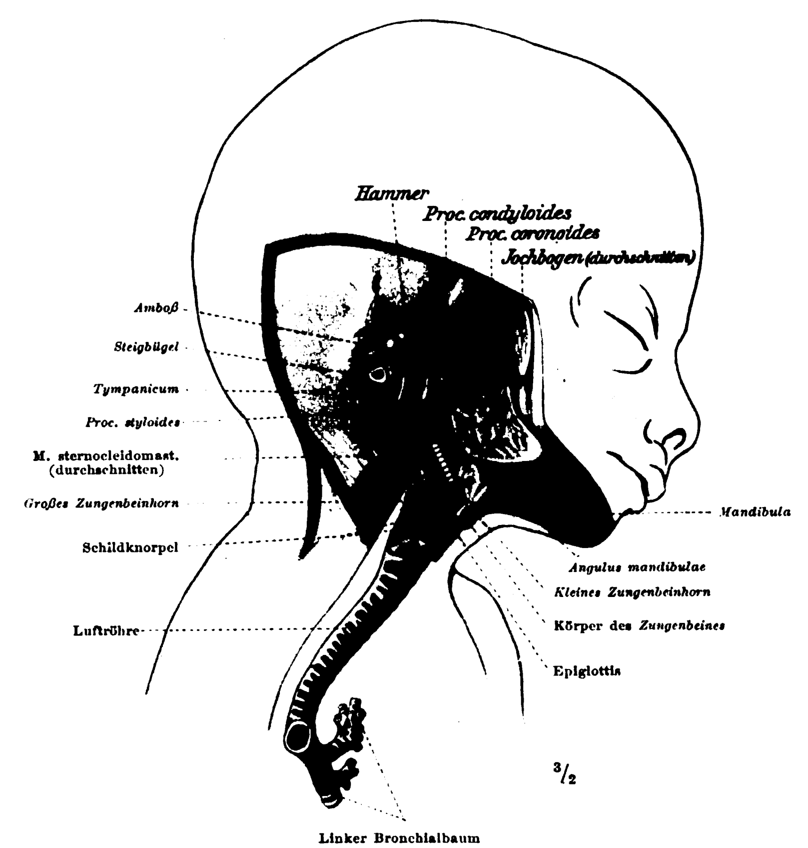


Abb. 318. Viszeralskelett eines menschlichen Embryo (15 cm Steißscheitellänge) frei präpariert, Mandibula teilweise entfernt. Die Viszeralbogenderivate mit denselben Farben wie die ausgebildeten Bogen in Abb. 317.

diese Zwischenräume geben sehr beträchtlichen Verschiebungen der angrenzenden Knochen Spielraum und sind ein Mittel, um bei der Geburt die Passage des kindlichen Kopfes durch das Becken zu erleichtern. Bei den Ersatzknochen sind die zwischen ihnen eingeschalteten Knorpelreste, je breiter sie sind, Stellen größerer Nachgiebigkeit. Ist der Kopf ausgewachsen, so schließen die Knochen fest aneinander mit besonderen Einrichtungen (Knochennähten u. dgl.), welche das Mosaik der Schädelkapsel zu einem festen Ganzen zusammenheften.

Zahl der Kiemenbogen

Dem Primordialkranium hängen die Spangen des Viszeralskeletts an wie die Rippen dem axialen Skelett des Rumpfes, der Wirbelsäule. Wenn auch keine wirkliche Verwandtschaft zwischen beiderlei Anhängen anzunehmen ist, so ist doch rein äußerlich in beiden Fällen rechts und links je eine Spange vorhanden,



welche in der ventralen Körpermitte zu einem Spangenpaar verbunden sind. Jedes Paar heißt beim Kopf Kiemenbogen oder Viszeralbogen. Es stützt die zwischen je zwei Bogen liegenden Kiemenspalten. Wie bei den Rippen das Brustbein beide Spangen verbindet, so bei den Kiemenbogen ein Mittelstück, die Copula. Es gibt sehr verschiedene Zahlen von Kiemenbogen und Kiemenspalten. Auch beim menschlichen Embryo sind sie zu mehreren vorhanden (Abb. 8). Wir werden noch sehen, daß unser äußerer Gehörgang, unser Mittelohr und die Eustachische Röhre noch jetzt funktionierende, allerdings für ganz andere Zwecke umgeformte Teile der 1. Kiemenspalte sind. Andere Spalten können ausnahmsweise zeitlebens als „Kiemenfisteln" durchgängig bleiben. Ursprünglich ist die Zahl der Kiemenbogen zweifellos nicht klein (Abb. 317), aber für die höheren Tiere kommen nur die vordersten in Betracht, da die hinteren außerhalb des Schädels Verwendung finden oder zugrunde gehen. Möglicherweise sind die Gürtel der Extremitäten früheste Abkömmlinge von hintersten Viszeralbogen, sicher sind gewisse Knorpel des Kehlkopfs, vielleicht sogar alle Kehlkopf-, Tracheal- und Lungenknorpel von hinteren Kiemenbogen abzuleiten; nur die beiden vordersten Bogen sind mit Teilen direkt in den Schädel eingetreten (in den Unterkiefer und in die Gehörkapsel) oder dem Zungenbein angeschlossen. Eine Übersicht über alle, auch hypothetischen Beziehungen (mit Ausnahme der Extremitäten), geben die entsprechenden Farben in Abb. 317 und 318.

Mandibular- und Hyoidbogen, erste Kiemenspalte

Je mehr von den hinteren Bogen verschwindet, um so mehr entsprechen die übrigbleibenden der Lage nach dem Primordialkranium. Denn anfänglich ragen die hinteren Bogen weit über dessen Grenze nach hinten hinaus (Abb. 317, Primordialkranium grau). Es kommt darin zum Ausdruck, daß das Gehirn bereits eine Konzentration erfahren hat, und daß das Primordialkranium entsprechend verkürzt ist. Die hinteren Kiemenbogen werden dagegen kaudalwärts verschoben, weil die vorderen für das Schnappen nach Beute umgewandelt und als Träger der Zähne entsprechend vergrößert und verbreitert sind. Man nennt den 1. Viszeralbogen deshalb auch Kieferbogen, Mandibularbogen, den 2. Bogen, welcher zur Stütze des 1. dient, Zungenbeinbogen, Hyoidbogen, und wendet das Wort Kiemenbogen im engeren Sinn vielfach nur für die folgenden Bogen an (vom 3. Viszeralbogen ab; daher kommen Verschiedenheiten der Zählung, weil der ursprünglich 3. Bogen als 1. definitiver Kiemenbogen gerechnet wird, siehe Tabelle). Die Kiemenspalte, welche zwischen Kiefer- und Zungenbeinbogen liegt, erleidet nämlich ebenfalls einen Funktionswechsel. Das Wasser, welchem die Atemluft beigemengt ist, wird ursprünglich durch das Maul aufgenommen und durch sämtliche Kiemenspalten an den respiratorischen Schleimhautauskleidungen der Spalten vorbei ausgestoßen. Um das Maul zu entlasten, wird die erste Kiemenspalte jederseits Zufuhrkanal für das Atemwasser. In ihr geht der Strom nicht wie bei den übrigen von innen nach außen, sondern von außen nach innen. Dadurch wird die Schalleitung verständlich, welche dazu geführt hat, daß die erste Kiemenspalte in den Dienst des Gehörorgans getreten ist. Die Mundspalte ist, sobald das Atemwasser neue Zugangspforten gefunden hat, lediglich zum Ergreifen der Nahrung da; Fressen und Atmen sind nicht mehr Konflikten ausgesetzt wie bei einem Tier, welches eine große Beute fahren lassen muß, um das Maul für das Atemwasser frei zu bekommen. Man nennt bei Haien die erste Kiemenspalte das Spritzloch, ein sehr unglücklicher Name, der auf eine Verwechselung mit ganz andersartigen Gebilden der Wale zurückzuführen ist (Nasenöffnungen). Der Wal stößt Luft und indirekt Wasser wirklich aus ihnen aus, der Hai zieht dagegen beides durch das „Spritzloch", das uns hier beschäftigt, ein.

Die ehemaligen

Jeder Kiemenbogen hat sein eigenes Nervenpaar, das rechts und links

aus dem Primordialkranium herauskommt (Abb. 317). Sämtliche Kiemennerven sind Kopfnerven. Daraus geht hervor, daß die Viszeralbogen sämtlich zum Primordialkranium gehören, wenn beide auch noch soweit gegeneinander verschoben sind. Die Abkömmlinge der Bogen bleiben bis zum Menschen hinauf an den zugehörigen Kopfnerven erkennbar. Um die Übersicht zu erleichtern, gebe ich vorläufig folgende Tabelle, auf welche bei den verschiedensten Organen zurückzukommen sein wird, um die Beziehungen weiter aufzuklären (die in Abb. 317 und 318 verwendeten schematischen Farben sind hier in der ersten Vertikalspalte angegeben).

Kiemennerven unter den Kopfnerven, Tabelle der Kiemenbogen

Abkömmlinge der Kiemenbogen und -nerven.

Reihenfolge der Viszeralbogen (Kiemenbogen im weiteren Sinne)	Primitiver Zustand	Abgeleiteter Zustand (Mensch)	Zugehörige Kopfnerven (Bezeichnung des betr. Hirnnervs beim Menschen)
1. Viszeralbogen (blau)	Mandibularbogen (Kieferbogen)	Hammer, Amboß, MECKELscher Knorpel des Unterkiefers	Dritter Ast des Trigeminus (Vc)
2. Viszeralbogen (violett)	Hyoidbogen (Zungenbeinbogen)	Griffelfortsatz des Schädels, kurzes Zungenbeinhorn, Ligamentum stylohyoideum	Fazialis (VII)
3. Viszeralbogen (rot)	1. definitiver Kiemenbogen (im engeren Sinn)	Langes Zungenbeinhorn (Zungenbeinbogen und 1. definitiver Kiemenbogen bilden das Zungenbein)	Glossopharyngeus (IX)
4. Viszeralbogen (orange)	2. definitiver Kiemenbogen (im engeren Sinn)	Schildknorpel des Kehlkopfs	Nervus laryngeus superior des Vagus (X)
5. Viszeralbogen (olivgrün)	3. definitiver Kiemenbogen (im engeren Sinn)		Nervus laryngeus inferior s. recurrens des Vagus (X)
6. Viszeralbogen (blaugrün)	4. definitiver Kiemenbogen (im engeren Sinn)	Kehlkopfdeckel (hypothetisch)	Feine Äste des Vagus (X)
7. Viszeralbogen (grau)	5. definitiver Kiemenbogen (im engeren Sinn)	Ringknorpel und Stellknorpel des Kehlkopfs, Tracheal- und Bronchialknorpel (sämtlich hypothetisch)	Feinste Äste des Vagus (X)
8. und 9. Viszeralbogen (grau)	6.—7. definitiver Kiemenbogen (im engeren Sinn)	Verschwunden	—
10. oder späterer Viszeralbogen	8. oder späterer definitiver Kiemenbogen (im engeren Sinn)	Schultergürtel (hypothetisch)	Nervus accessorius (XI) zu Schultermuskeln und zum Perichondrium des Gürtels (Amphibien)
11. oder späterer Viszeralbogen	9. oder späterer definitiver Kiemenbogen (im engeren Sinn)	Beckengürtel (hypothetisch)	? ?

Wirbeltheorie von Goethe-Oken

GOETHE und OKEN haben versucht, den Schädel von Wirbeln abzuleiten. Beide kamen auf diese Idee durch den zufälligen Fund von auseinandergefallenen Schädeln; GOETHE knüpfte an einen Schöpsenkopf im Dünensand des Judenkirchhofes zu Venedig an (1790), OKEN, welcher 1806 zuerst die „Wirbeltheorie" veröffentlichte, faßte den Gedanken auf einer Fußreise durch den Harz, als er den Schädel einer Hirschkuh fand („Aufgehoben, umgekehrt, angesehen und es war geschehen"). Die beiden Forscher, welche sehr unerquickliche Prioritätsstreitigkeiten um ihre Idee führten, haben zuerst das noch jetzt ungelöste Problem in Angriff genommen, wie das Kopf- zum Rumpfskelett in Beziehung zu setzen sei. Die fertigen Knochen sind dazu ein sehr ungeeigneter Ausgangspunkt, wie in der Folge besonders HUXLEY nachwies, weil sie etwas Abgeleitetes, nichts Primäres sind. Die Wirbeltheorie ist infolgedessen heute verlassen.

Segmenttheorie von Gegenbaur

Der Vergleich muß vom Primordikalkranium ausgehen, in und auf welchem später erst die einzelnen Knochen des Schädels entstehen. Etwas ihm Analoges gibt es bei der Wirbelsäule nicht. GEGENBAUR hat trotzdem versucht, eine Beziehung zu begründen, indem er die Segmenttheorie des Kopfes aufstellte. Es handelt sich hier, was oft mißverstanden wird, nicht um eine Ableitung des Schädels, sondern des Kopfes der Wirbeltiere aus einzelnen hintereinander liegenden getrennten Teilen. Nur beim Rumpf ist die Segmentation der Muskeln, Nerven, Gefäße usw. auf das Skelett übergegangen; sie kommt jetzt noch in der Gliederung der Wirbelsäule in Wirbel zum Ausdruck (S. 28). Beim Kopf dagegen war die Segmentation der genannten Weichteile bereits so verwischt, als das knorplige Skelett entstand, daß das Primordialkranium von vornherein als einheitliches Gebilde auftrat. Als hauptsächliche Reste der ursprünglichen Segmentation des Kopfes sind erhalten 1. die Viszeralbogen, 2. die Kopfnerven, welche zu den Kiemenbogen gehören. Unsere Tabelle enthält 11 Segmente, welche nach den bei Haien sicher vorhandenen Viszeralbogen bestimmt sind (Heptanchus mit 7 definitiven Kiemenbogen). Dabei ist der Vagus (X) als ein Komplex von ursprünglich getrennten Kiemennerven angenommen. Die beiden Nervi laryngei vagi sind solche einst freie Kiemennerven. Der Nervus accessorius (XI) ist ebenfalls ein zum Vaguskomplex gehörender Kiemennerv, der nur nachträglich besonders selbständig geworden ist und deshalb besonders beziffert wird.

Praktische Verwendung der Kopfsegmente

Es gibt zahlreiche Meinungsverschiedenheiten darüber, ob mehr oder weniger Segmente als die in der Tabelle aufgezählten anzunehmen seien. Auch die Segmenttheorie als Ganzes wird von vielen abgelehnt. Sicher ist, daß zwischen Viszeralbogen und Viszeralnerven bestimmte Beziehungen bestehen und auch beim Menschen erhalten sind; diese Nerven können, wie man sich auch zur Segmenttheorie oder anderen hypothetischen Annahmen stellen mag, benutzt werden, um sich in dem Labyrinth von Kiemenabkömmlingen wie an einem Ariadnefaden zurechtzufinden. Da zahlreiche Einrichtungen auf diesem Wege durchsichtig werden, die sonst nur mühsam mechanisch eingeprägt werden können, ist das Studium der primitiven Zustände für die menschliche Anatomie äußerst fruchtbar.

Chordaler und prächordaler Schädel

Die Segmenttheorie bezieht sich nur auf denjenigen Teil des Kopfes, zu welchem die genannten Gehirnnerven Beziehungen haben. Am Schädel ist der Abschnitt kenntlich daran, daß die Chorda in ihn fortgesetzt ist (Abb. 324). Beim menschlichen Embryo reicht die Chorda bis zur Sattelgrube der Schädelbasis (Hypophysis). Man unterscheidet danach einen chordalen und prächordalen Abschnitt des Schädels. Aus dem prächordalen treten keine Kiemennerven aus, nur der Riech- und Sehnerv (Hirnnerv I und II), die keine wirklichen Nerven, sondern Gehirnabschnitte sind. Wahrscheinlich ist der prächordale Abschnitt das älteste Stück des Primordialkranium, das hier als Stütze für das Riech- und Sehorgan seinen Ausgang nahm.

Auto- und Spondylokranium

Eine andere Einteilung des Primordialkranium unterscheidet den Urschädel, Autokranium und den Wirbelschädel, Neo- oder Spondylokranium. Der Urschädel umfaßt den prächordalen Abschnitt des Primordialkranium ganz und den chordalen Abschnitt größtenteils. Bei den meisten Wirbeltieren kommt zu seinem hinteren Ende ein Zuschuß von Material hinzu, welches ursprünglich zur Wirbelsäule gehörte. Hier entsteht also wirklich ein Stück des Schädels aus Wirbeln und für dieses Stück hat die GOETHE-OKENsche Wirbeltheorie recht, nur war sie nicht dafür gedacht. Nur bei niederen Tieren sind manche der Angliederungen als Wirbel erkennbar. Die Grenze zwischen Schädel und Wirbelsäule ist, wenn man die ganze Tierreihe betrachtet, flüssig, besonders bei vielen niederen Tieren; aber im allgemeinen ist sie doch bei höheren Tieren fest fixiert. Bei allen Amnioten, auch beim Menschen, sind durch die zugehörigen Nerven noch die drei letzten Wirbel nachweisbar, die in den hintersten Teil des Schädels (Okzipitale) aufgenommen sind. Man kann sie selbst beim Embryo gewöhnlich nicht mehr ihrer Form nach

erkennen, sondern sie sind als Rohmaterial verwendet, um den Schädel zu vergrößern. Weitere Angliederungen kommen als individuelle Variationen vor (S. 123). — Über Details des Primordialkranium bei seiner ontogenetischen Entstehung (Parachordalia, Trabeculae cranii usw.) siehe die Lehrbücher der Entwicklungsgeschichte.

c) Die primordialen Kopfmuskeln.

Rumpfmuskeln und somatomotorische Hirnnerven

Das Primordialkranium als primitive einheitliche Knorpelkapsel hat keine Beweglichkeit in sich; deshalb sind Muskeln nicht zu erwarten. Trotzdem sind im Kopf niederer Wirbeltiere Muskelanlagen, ähnlich den Ursegmenten des Rumpfes (Abb. 5 und 8), beobachtet worden. Die hintersten von ihnen sind nichts anderes als nachträglich eingewanderte Rumpfsegmente. Von ihnen findet man bei höheren Wirbeltieren und beim Menschen regelmäßig drei. Die zugehörigen Nerven werden in den Schädel mit dem Material dreier Wirbel aufgenommen (Wirbelschädel, Neocranium, siehe oben). Sie bilden den Nervus hypoglossus (XII) der beschreibenden Anatomie. Außerdem bestehen vorn am Kopf Reste einer Reihe von Segmenten, welche bereits vorhanden waren, ehe das Primordialkranium entstand. Sie sind wirkliche Anlagen primordialer Kopfmuskeln, die einzigen, welche mit den Rumpfmuskeln verglichen werden können. Ihre Nerven verlassen das Gehirn an der Basis. Sie entsprechen darin genau den ventralen Wurzeln der Spinalnerven (Abb. 5, rechts). Die Ganglienzellen im Gehirn liegen in der Fortsetzung der entsprechenden Ganglienzellen des Rückenmarks (Abb. 319, rot). Diese Gehirnnerven werden wegen der Ähnlichkeit mit den motorischen Nerven des Rumpfes somatomotorisch genannt. Es existieren nur wenige hierher gehörige Muskeln; daher die Lücken zwischen den Häufchen von Ganglienzellen im Gehirn gegenüber der durchlaufenden Kette im Rückenmark. Die zugehörigen Nerven sind der Okulomotorius (III), Trochlearis (IV) und Abduzens (VI). Alle von ihnen versorgten Muskeln sind in den Dienst des Sehorgans getreten. Sie stellen den Augapfel in die günstigste Blickrichtung und vermitteln die Beziehungen zwischen Sehen und räumlichen Vorstellungen (perspektivisches Sehen). Sie werden zweckmäßig im Zusammenhang mit dem Augapfel behandelt (Bd. III, Sehorgan).

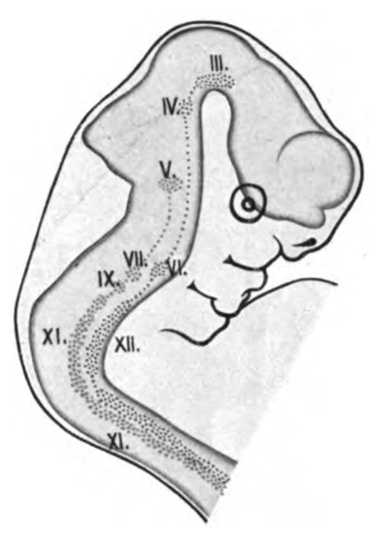


Abb. 319. Somatomotorische (rot) und viszeromotorische (grün) Zellsäulen im Gehirn und Rückenmark eines menschlichen Embryo (nach Edinger 1908, Abb. 6). Die roten und grünen Zellhäufchen im Gehirn sind durch eine punktierte schematische Linie verbunden (in Wirklichkeit sind sie getrennt voneinander).

Kiemenmuskeln

Dagegen haben die Muskeln des Kiemenskeletts, viszerale Muskeln, nicht nur für die kiemenatmenden Wassertiere, deren Kiemenspalten und -öffnungen mittels dieser Muskeln erweitert oder verengert werden, eine sehr große Bedeutung, sondern in noch höherem Maß für die Landtiere, weil hier mit Verlust der Kiemenatmung ein Material verfügbar wurde, welches mit den Resten der Kiemenbogen eine andere Verwendung und zum Teil eine ungeheure Entfaltung fand. Die viszeralen Muskeln sind aber ganz anderer Herkunft als sämtliche bisher besprochene Skelettmuskeln. Sie entsprechen den in Abb. 5 und 9 blau gezeichneten Muskelanlagen des Rumpfdarmes. Man stelle sich an

der Hand der Abbildung vor, daß im Kopfbereich in der Wand des Darms (Kopfdarm) Ausbuchtungen gegen das Ektoderm vorwachsen und schließlich nach außen in entsprechende Rinnen des Ektoderms durchbrechen. Die Leibeshöhle wird an diesen Stellen verdrängt, weil sonst ein Durchbruch nach außen nicht möglich wäre (Abb. 320). So kommt es, daß die Kiemenbogen, welche in den Zwischenräumen zwischen den Kiemenspalten entstehen, dicht unter der Haut liegen; nicht etwa durch die Leibeshöhle von ihr getrennt, wie etwa die skelettartigen Verhärtungen des Kaumagens der Vögel oder wie die echten Skelettstücke der Luftröhre und der Lunge. Mit den Kiemenbogen kommt auch ihre viszerale Muskulatur unter die Haut zu liegen. Im Bereich der Kiemenregion, welche in den Rumpf um so mehr hineinreicht, je mehr Kiemenbogen existieren, machen die Ursegmente des Rumpfes für sie Platz. Die Kiemenbogen und -muskeln sind deshalb ventral und dorsal umrahmt von Rumpfmuskeln (epi- und hypobranchiale Muskeln, rot, Abb. 321). Hier wird deutlich, wie eine Verwerfung von Muskeln verschiedener Abkunft gerade im kaudalen Teil des Kopfes zustande kommen kann. Verlassen nämlich die viszeralen Muskeln die Kiemenbogen, wenn die Kiemenatmung aufgegeben wird, so schichten sie sich über, zwischen oder unter die benachbarten Rumpfmuskeln. Starke Verwerfungen dieser Art finden wir noch jetzt beim Hals des Menschen. Wir haben dort früher die Abkömmlinge der Rumpfmuskulatur beschrieben (Rektussystem des Halses, Skalenusgruppe, Longi cervicis et capitis, Tabelle S. 150, Gruppe II und III). Dazwischen liegen andere, welche aus Kiemenmuskeln stammen (Tabelle S. 742, Gruppe I). Sie werden später im einzelnen zu besprechen sein. Hier kommt es darauf an, darüber Klarheit zu schaffen, daß solche Muskeln im Rumpf nicht vorkommen können, weil die Vorbedingung für die Vermischung von Kiemen- und Rumpfmuskeln fehlt, nämlich die Reduktion der Leibeshöhle. Der Kopf weicht also grundsätzlich in der Auswahl der Bauelemente von dem im allgemeinen gültigen Schema ab (S. 26 ff.). Das letztere wird dadurch nicht aufgehoben, sondern in spezifischer Weise erweitert. Für die Kenntnis viszeraler Muskeln, die keineswegs auf den Hals des Menschen beschränkt sind, sondern als Kaumuskeln und mimische Muskeln auch auf das Primordialkranium Ausdehnung finden, und mit den Umwandlungen des Kopfskeletts zum definitiven Schädel gerade beim Menschen besonders wichtig werden (Tabelle S. 742, Gruppe II und III), ist die Innervation der wichtigste Wegweiser.

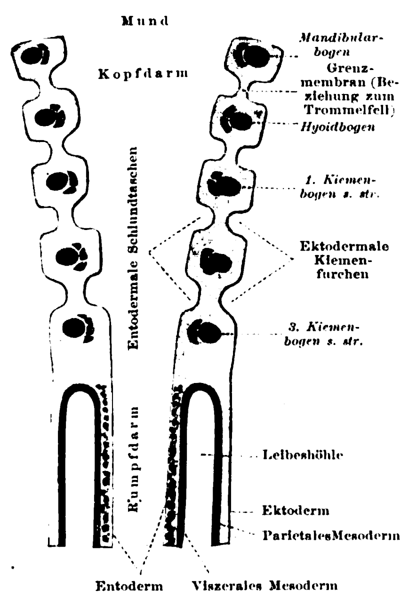


Abb. 320. Viszerale Rumpf- und Kopfmuskeln. Schematischer Horizontalschnitt durch die Kiemenregion und vordere Rumpfregion eines Fisches.

Viszeromotorische Hirnnerven

Wir nennen die Nerven der viszeralen Muskeln (Kiemenmuskeln) viszeromotorisch. Sie entspringen aus Ganglienzellen, welche im Gehirn dorsal von den Ganglienzellen der somatomotorischen Hirnnerven liegen, und treten mehr dorsal als letztere aus dem Gehirn aus (Abb. 322, grün). Charakteristisch ist vor allem, daß die viszeromotorischen Hirnnerven zusammen mit den sensiblen Hirnnerven (blau) verlaufen; die somatomotorischen Nerven (rot) können

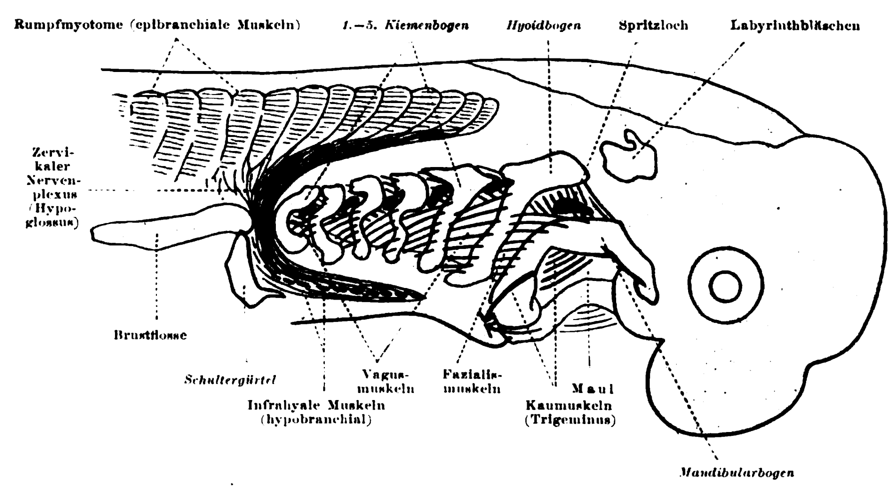


Abb. 321. Echte Kiemenmuskeln (blau) und epi- und hypobranchiale Rumpfmuskeln (rot). Haiembryo. Die Kiemenöffnungen schwarz.

dagegen nie mit letzteren in der gleichen Wurzel liegen. Auch im Rumpf sind anfänglich die somatomotorischen Nerven ganz getrennt von den sensiblen Nerven (Spinalganglien). Dies ist rechts vom Beschauer im Schema Abb. 5 dargestellt. Bei niederen Wirbeltieren bleiben beide Arten von Nerven im Rumpf zeitlebens getrennt. Bei höheren Tieren und beim Menschen vereinigen sie sich zu gemeinsamen Ästen, welche motorisch und sensibel sind (blau und rot, Abb. 322. Man denke sich beide Arten auf jeder Seite des Schemas eingezeichnet). Das ist bei den Kopfnerven in dieser Weise nie der Fall. Die somatomotorischen und sensiblen Nerven bleiben immer dauernd getrennt, wie es in Abb. 322 schematisch je auf der rechten und linken Körperseite gezeichnet ist. Dagegen bleiben meistens die viszeromotorischen und sensiblen Nerven zu einheitlichen Nervenstämmen verbunden (blau und grün). Im Rumpf entspringen viszeromotorische Nervenfasern im Rückenmark und verlaufen auf dem Weg über den Sympathikus zu den Darmmuskeln. Sie sind also dem Rumpf nicht fremd, treten aber dort ganz zurück gegen die somatomotorischen Nerven. Am Kopf sind umgekehrt

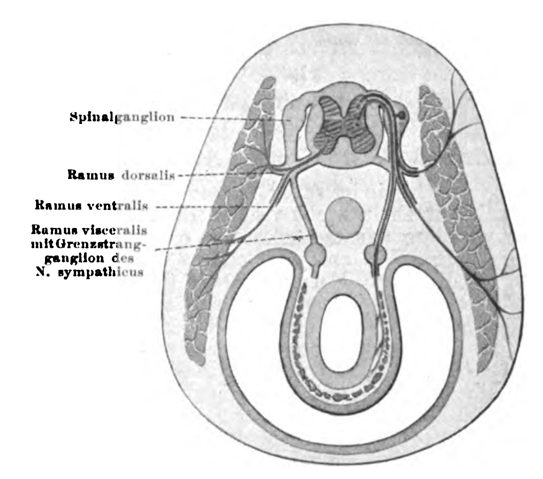


Abb. 322. Schema der verschiedenen Nervenarten. Rot somatomotorisch, Grün viszeromotorisch, Blau sensibel. Rumpfmuskeln rot, Darmmuskeln blau (vgl. Abb. 5). Aus dem Rückenmark tritt jederseits eine hintere Wurzel mit Spinalganglion und eine vordere Wurzel aus (Radix posterior und Radix anterior). In die linke Bildseite sind nur somatomotorische Fasern eingetragen (im Kopf entsprechen ihnen Nerv III, IV, VI, XII, vgl. Abb. 319). In die rechte Bildseite sind viszeromotorische und sensible Fasern eingetragen (den blauen entsprechen im Kopf die Nerven Va; Vb; Vc teilweise: VIII; IX und X teilweise; den grünen entsprechen im Kopf Vc teilweise; VII; IX und X teilweise; XI; vgl. Abb. 319). Man denke sich für den Rumpf auf jeder Seite das hier links und rechts getrennt Gezeichnete in jedem Spinalnerv vereinigt. Im Kopf liegen dagegen die Nervenarten so getrennt, daß die einen so gebaut sind wie hier der linke, die anderen wie hier der rechte Nerv. Auch rein grüne und rein blaue Kopfnerven im Sinne unseres Schemas kommen vor. (Auf die sympathischen Nerven in der vorderen Wurzel ist keine Rücksicht genommen, siehe N. sympathicus.)

die viszeromotorischen Nerven sehr mächtig. Sie setzen im Gehirn die Zone der Ganglienzellen fort, welche ihnen im Rückenmark entsprechen (grüne Zone, Seitenhorn des Rückenmarks, Abb. 319). So kommen die separaten Kerne der Kiemennerven zustande, von denen ursprünglich je einer zu einem Viszeralbogen gehört. Vergleicht man die Tabelle S. 663, in welcher die zu den einzelnen Bogen gehörigen Gehirnnerven genannt sind, mit Abb. 319, so wird die Reihenfolge der Kiemennerven besonders klar werden.

Die übliche Bezeichnung der Gehirnnerven mit Ziffern, welche auch in der Erklärung zu Abb. 322 vermerkt sind, nimmt nicht bezug auf die ursprüngliche Wertigkeit der einzelnen Nerven. Sondern die Gehirnnerven werden einfach in der Reihenfolge gezählt, in welcher sie aus dem Gehirn heraustreten; man überzeuge sich, daß die Kerne in Abb. 319 ohne Rücksicht darauf, ob sie somato- oder viszeromotorisch sind, rein deskriptiv gezählt sind, wie sie von vorn nach hinten aufeinander folgen (einige, hier unwichtige sind ausgelassen).

Überblick über die Bedeutung der Kiemenmuskeln

Prinzipiell tritt beim Kopf nach Art der Entstehung und Innervation der primordialen Muskeln etwas ganz Neues in den Dienst des Bewegungsapparates. Entsprechendes fehlt im Rumpf vollkommen. Die einzigen Muskeln, welche den Skelettmuskeln des Rumpfes am Kopf vergleichbar sind, sind einmal die Augenmuskeln, also solche Muskeln, welche keine Skelettmuskeln mehr sind und uns deshalb an dieser Stelle nicht beschäftigen. Zweitens sind es nachträglich eingewanderte Skelettmuskeln des Rumpfes, also für den Kopf nichts Primordiales; auch sie haben sich im Kopf vom Skelett emanzipiert, da sie die Zunge bilden (Hypoglossusmuskeln), und sind nicht hier, sondern bei den Eingeweiden zu besprechen. Bleibt also eine rein viszeromotorische Muskulatur, deren Vorkommen an Hals und Kopf nur auf dem Wege der langen Vorgeschichte zu verstehen ist. Die Kiemenbogen und -muskeln müssen beim Embryo immer wieder aufs neue entstehen, obgleich keine Kiemenatmung mehr möglich ist, weil nur so das Material für jene aktuellen Organe des Kopfes beschafft werden kann. In dieser Hinsicht sind sie keineswegs rudimentäre, sondern äußerst wichtige Anlagen.

Histiologie der viszeralen Muskeln

In histiologischer Hinsicht sind die viszeralen Muskeln des Kopfes von den Skelettmuskeln nicht verschieden. Sie sind bereits bei den Kiemen der niedersten Wirbeltiere aus den gleichen quergestreiften Muskelfasern zusammengesetzt wie diese. Die entsprechenden viszeralen Muskeln des Rumpfes sind und bleiben dagegen glatte Muskelzellen (Darmwand, Abb. 5 und 9, blau). Die Seitenplatten, aus denen alle Darmmuskeln hervorgehen, produzieren auch für ein anderes Organ quergestreifte Muskulatur, nämlich für das Herz. Es gibt ferner Knochenfische, deren Magen und sogar Darm aus quergestreiften Muskelfasern zusammengesetzt sind (Schleie). Ein weiteres Beispiel dafür, daß an der gleichen Stelle und aus einander entsprechenden Anlagen bald glatte, bald quergestreifte Muskeln hervorgehen, ist die Iris des Auges. Meist ist ihre Muskulatur glatt, bei den Vögeln beispielsweise aber quergestreift. Bei den viszeralen Kopfmuskeln kommt als Besonderheit hinzu, daß sie genau so vom Willen abhängig sind, wie alle eigentlichen Skelettmuskeln, während das bei der Darm-, Herz- und Irismuskulatur bekanntlich nicht der Fall ist (unwillkürliche Muskeln), auch nicht, wenn sie Querstreifung erhält. Die Tätigkeit im Dienst des Kiemenskeletts ist das Entscheidende. Darmmuskeln haben hier die gleiche histiologische und physiologische Beschaffenheit gewonnen, wie die aus Ursegmenten hervorgegangenen Muskeln, die von vornherein Skelettmuskeln waren. So sind die Kiemenmuskeln als vollwertiges Glied in die Reihe der Skelettmuskeln getreten, ja sie behalten die histiologischen Eigenheiten derselben bei, auch wenn sie nicht mehr Abkömmlinge des Kiemenskelettes bewegen wie viele mimische Muskeln (Tabelle S. 742, Gruppe III).

Hypo- und epibranchiale Muskeln

Von den Rumpfmuskeln wächst die hypobranchiale Gruppe (Abb. 321) nach vorn bis zum Mandibularbogen aus. Die Muskelfasern heften sich an die Viszeralbogen an. Beim Menschen sitzen sie an den Abkömmlingen der Bogen, dem Zungenbein und dem Schildknorpel des Kehlkopfes. Man vergleiche die Muskeln des Rektussystems des Halses, welche das auch in ihrem Namen ausdrücken (M. sternohyoideus, M. sternothyreoideus, M. thyreohyoideus, M. omohyoideus, S. 203). Wir haben als vordersten Muskel des Rektussystems des Halses den versteckten

M. geniohyoideus kennen gelernt. Er wird überdeckt von der Trigeminusmuskulatur des Mandibularbogens, in deren Bereich er vorgedrungen ist (M. mylohyoideus, Tabelle S. 742, Nr. 1).

Die epibranchiale Gruppe geht, soweit sie wirklich an Kiemenbogen von Fischen Anheftung gefunden hat, ganz zugrunde. Der Mensch hat nichts davon. Dagegen geht aus den Ursegmenten des Rumpfes, die den Interkostalmuskeln der Brust entsprechende Gruppe der Skaleni und eine besondere subvertebrale Gruppe hervor (Tabelle S. 150, Nr. 12—14 und Nr. 20—22).

2. Zusammensetzung des definitiven Schädels.

a) Die einzelnen Abteile des Schädels.

Das Primordialkranium, welches bereits durch den Wirbelschädel (Neokranium) auf Kosten der Wirbelsäule vergrößert ist, geht bei der Umgestaltung in den definitiven Schädel weitere progrediente, aber noch stärkere regressive Veränderungen ein. Der Schädel im ganzen wächst, weil das Gehirn eine immer größere Kapazität erfordert und beim Menschen den meisten Raum einnimmt. Aber das Primordialkranium und seine Abkömmlinge (Ersatzknochen) decken den Raumbedarf an den meisten Stellen nicht selbst, vielmehr treten Knochenelemente der Haut als neue Bestandteile in den Schädel ein (Deck- oder Mantelknochen). Wie diese mit den alten Elementen zusammen den jetzigen Schädel formen, ist für die wichtigsten Abteile zu verfolgen, weil nicht nur die Schädelform selbst, sondern auch zahlreiche Einschlüsse des Schädels daraus verständlich werden. Indem er seine Abmessungen vergrößert und ursprünglich außerhalb von ihm gelegene Skelettstücke in sich aufnimmt, werden ihm zahlreiche Weichteile einverleibt, welche ursprünglich an seiner Oberfläche oder sogar ziemlich entfernt von ihm lagen. So sind viele Gefäße und Nerven mit ihren Verästlungen, selbst Muskeln des Gehörapparates in den Knochen eingeschlossen und zwar so, daß sie ihn nicht einfach durchbohren, sondern daß sie auf längere Strecken in ihn eingebacken sind. Der Knochen ist wie eine Lava um die benachbarten Weichteile herumgeflossen; sie als die lebenswichtigeren Organe haben dabei ihren Platz behauptet. Daher enthalten die Schädelknochen zahlreiche komplizierte Kanäle und Löcher, welche die beschreibende Osteologie mit besonderen Namen belegt und systematisch aufzählt. Die Einschlüsse dieser Lücken und Poren sind meistens sehr einfach aus dem Zusammenhang des Systems zu verstehen, zu dem sie gehören; der Knochen ist nichts anderes als die Matrize davon. Wir werden deshalb später bei den Gefäß- und Nervenbahnen und bei den Sinnesorganen ohne weiteres viele von diesen Knocheneinzelheiten ableiten können, die zu erklären hier viel zu weit führen würde. Sie haben mit dem Bewegungsapparat insofern etwas zu tun, als eine Vergrößerung des Schädels nur möglich war, indem die jetzigen Einschlüsse in die Schädelwand eintraten, soweit sie nicht ausweichen konnten. Das Prinzipielle der Vorgänge wird aus den folgenden Beispielen hervorgehen.

Von außerhalb einbezogene Weichteile

Ein wirklich progredientes Auswachsen des Primordialkranium selbst ist an der Nasenkapsel der Säuger festgestellt worden (Abb. 325). Sie wächst beim Menschen nach vorn als äußere Nase des Gesichts, schiebt sich aber außerdem bei allen Säugetieren nach hinten unter die Augenhöhlen. Bei Reptilien wird z.B. der Schädel zwischen den tief in das Primordialkranium eingebetteten und so geschützt liegenden Augäpfeln zu einer kielförmig vorspringenden Platte zusammengeplattet (Septum interorbitale, Abb. 324). Die Nasenkapsel der Säuger dringt auch in diese Gegend vor und ein Teil der medianen Nasenscheidewand ist nichts anderes als ein Stück der ursprünglichen Schädelbasis. So kommt die innere Nase, die ursprünglich in der gleichen Flucht mit den Augen — horizontal vor ihnen — liegt (Abb. 323), in ein ganz anderes Niveau zu liegen

Drei Stockwerke: Gehirnkapsel, Nasen- und Mundhöhle



als die Augen. Sie nähert sich dem Gehirn, indem sie mehr unter es tritt. Wie zwei verschiedene Stockwerke bauen sich Nasen- und Augengegend übereinander auf, und der Kopf rundet sich dadurch. Er ist höher und kürzer geworden: die früher geradlinige Schädelbasis des Primordialkranium ist in der Mitte abgeknickt (Abb. 325). Die Konsequenzen davon begegnen uns bei der Mund-

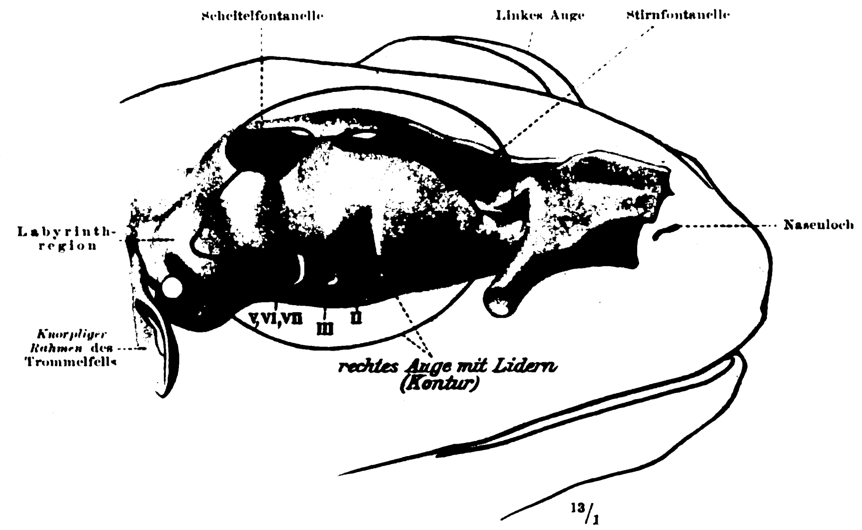


Abb. 323. Röhrenförmiges Primordialkranium des Frosches (Rana fusca, kurz nach der Metamorphose). Nach einem Wachsplattenmodell von E. Gaupp, Kopfkontur nach eigenem Präparat.

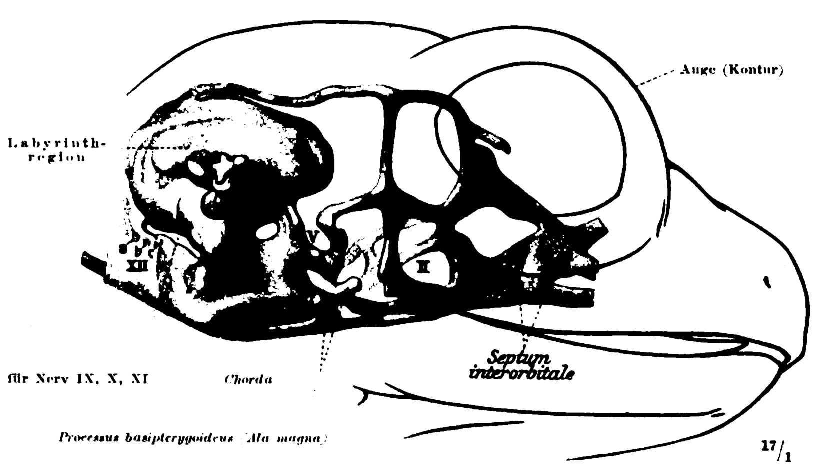


Abb. 324. Netzförmiges Primordialkranium der Eidechse (Lacerta agilis, Embryo 32 mm lang). Nach einem Wachsplattenmodell von E. Gaupp, Kopfkontur nach eigenem Präparat.

höhle. Ursprünglich ist die Schädelbasis das Widerlager für die Zunge, bei den Säugern tritt an ihre Stelle ein geschlossenes Gaumendach. Die Schädelbasis wird um die Höhe der Nasenhöhle von der Mundhöhle entfernt. Die Nasenkapsel enthält auch beim erwachsenen Schädel noch relativ viel Knorpel.

Kalvaria Gegenüber diesem progredienten Prozeß stehen viel ausgedehntere regressive. Das Dach des Primordialkranium ist bei Amphibien bereits stark rück-

gebildet (sog. Fontanellen), bei Reptilien lösen sich auch die Seitenwände in ein zierliches Netzwerk von Spangen auf, und bei Säugern ist im wesentlichen nur die Schädelbasis übrig (Abb. 323—325). Dafür ist eine Fülle von Deckknochen früh vorhanden, welche als besonders große Platten die Schädeldecke formen und das Gehirn so weit schützen, daß der Knorpel überflüssig geworden ist (Abb. 326, Parietale, Frontale). Das Gehirn ist so beim Embryo wie mit einem verschieblichen Panzerhemd aus einzelnen festen Teilen bedeckt. Denn die ganze Konvexität des Primordialkranium bleibt auf dem häutigen Stadium stehen. Die Deckknochen liegen auf dieser häutigen Hülle des Gehirns genau wie anderwärts auf voll entwickeltem Knorpel. Das Wachstum des Gehirns, welches gerade auf der Konvexität am stärksten ausladet, findet auf diese Weise den geringsten Widerstand. Denn die nicht von Knochen bedeckten Zwischenräume, die rein membranös sind, geben leichter nach als Knorpel. Die verstecktere Basis ist genügend durch den weniger harten, aber kompakteren Rest des Chondrokranium geschützt. Bei Tieren mit kleinem Gehirn genügt eine flache Schädeldecke. Aber bei entwickeltem Großhirn schließen sich die Knochen des Erwachsenen zu einem Gewölbe, Calvaria, eng zusammen, welches mit geringem Materialaufwand große Festigkeit verbindet. Vergleicht man die Form des menschlichen Schädels mit niederen Wirbeltieren, ja selbst mit anderen Säugern und mit Affen, so ist deutlich, wie außerordentlich die Kalvaria nach Verlust des Daches des Primordialkranium gewachsen ist und was sie auf dem Wege von der Röhrenform zur Kugelform an Innenraum und Oberfläche gewonnen hat (Abb. 327).

Benennung der Abteile

Um das Resultat der Umformungsprozesse im einzelnen zu studieren, zerlegen wir den Schädel in einzelne Abteile. Wir nennen sie:

1. Wirbelschädel (Pars occipitalis),
2. Labyrinthschädel („ auditiva),
3. Augenschädel („ orbitotemporalis),
4. Nasenschädel („ ethmoidalis),
5. Kieferschädel („ alveolaris).

Jedes dieser Abteile kann aus Derivaten des Primordialkranium (Knorpel und Ersatzknochen) und aus Deckknochen, streckenweise aus letzteren allein bestehen. Die einzelnen Deckknochen sind von der äußeren Kopfhaut oder von der Schleimhaut der Mundhöhle aus an das Primordialkranium herangetreten; sie erreichen es also von allen Seiten. Jeder hat seine ihm eigene Beziehung zu den einzelnen Regionen erlangt und ist daran erkennbar.

Der Wirbelschädel, Pars occipitalis

Der Wirbelschädel, Pars occipitalis, hat seinen Namen nach der Vergrößerung, welche das Primordialkranium durch angeschmolzenes Wirbelmaterial gefunden hat (Neokranium, S. 664). Man kann diese Stelle gegen den übrigen Schädel nicht scharf begrenzen, aber an der Lage des Loches für den Nervus hypoglossus (XII) ist ungefähr abzuschätzen, wo sie liegt (Abb. 325). Denn der Nerv liegt immer innerhalb des Wirbelmaterials, da er aus den aufgenommenen Spinalnerven besteht. Selbst beim ausgewachsenen menschlichen Schädel ist der Kanal in einem Viertel der Fälle durch eine Knochenspange in zwei Öffnungen getrennt, weil der Hypoglossus ein Konvolut von zwei getrennten Spinalnerven ist (eigentlich drei, aber der vorderste geht zugrunde). Ist der Kanal einheitlich, so ist er gleichsam ein Konglomerat zweier Foramina intervertebralia. Auch dann hat die innere Auskleidung des Knochens, die Dura mater, meistens noch zwei getrennte Löcher. Der Wirbelschädel umfaßt die große hintere Verbindung des Innenraums des Schädels mit der Wirbelsäule, das Hinterhauptsloch, Foramen occipitale magnum, und trägt seitlich von diesem die beiden Gelenkköpfe, Condyli occipitales, mit welchen



er auf dem Atlas ruht (Abb. 335). Das Charakteristische des menschlichen Schädels ist die Stellung der Ebene, in welcher das genannte Loch und die Gelenkhöcker liegen. Sie steht fast horizontal (eher ein wenig von vorn nach hinten abwärts gegen die Horizontale geneigt), während sie bei allen Tieren nach hinten aufwärts gerichtet ist (Abb. 327). Beim Europäer ist die spezifisch menschliche Stellung der Ebene gegenüber niederen Menschenrassen sehr ausgeprägt (Abb. 347a). Diese Umstellung ist für die aufrechte Körperhaltung besonders wichtig, weil der Schädel auf diese Weise eine horizontale Außenfläche erworben hat, welche den Nackenmuskeln zum Ansatz dient und welche diese Muskeln trägt, Planum nuchale (Abb. 335). Die Nackenmuskeln sind mit ein Gegengewicht gegen die größere, vor dem Hinterhauptsloch und den

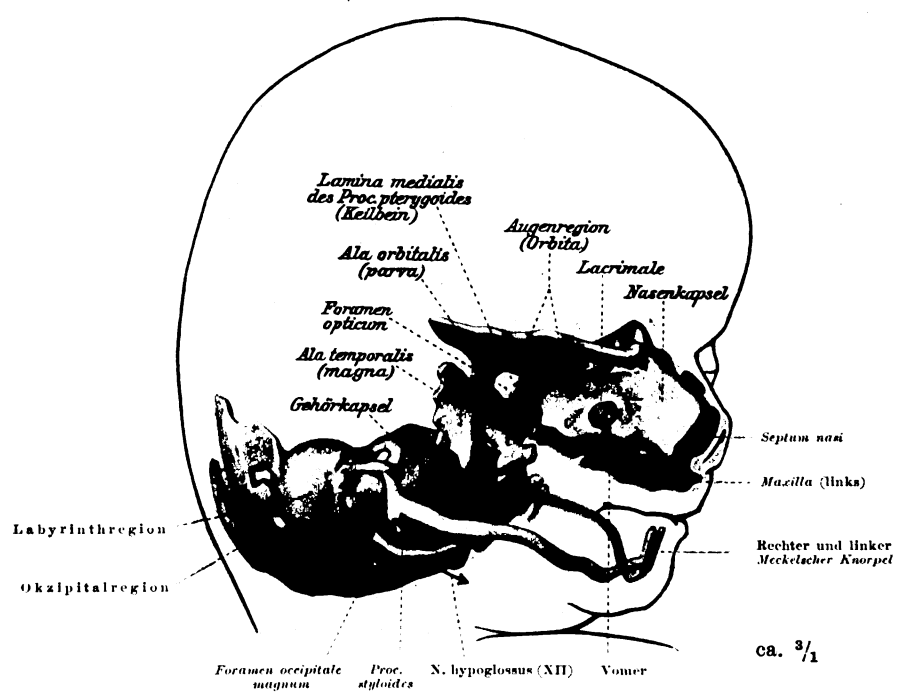


Abb. 325. Primordialkranium eines menschlichen Fötus (Ende des 3. Monats). Nach einem Wachsplattenmodell von O. Hertwig. Kopfkontur nach eigenem Präparat ergänzt. Deckknochen gelb (die meisten Deckknochen sind weggelassen, vgl. Abb. 326).

Gelenkhöckern befindliche Partie des Kopfes (Abb. 316). Der Schädel mit dem Gehirn wird durch ihr Gewicht auf den beiden Gelenkhöckern aufrecht erhalten, ähnlich wie das Becken durch die Masse der ihm anhängenden Adduktoren auf den Oberschenkelköpfen im labilen Gleichgewicht steht.

Die Hinterhauptsschuppe (Incabein)

Den Spielraum für die Umstellung des Wirbelschädels gibt zum Teil das progrediente Wachstum des Primordialkranium (der einzige Rest des knorpligen Schädeldaches beim Menschen, der nach der Umstellung nicht mehr nach oben, sondern nach hinten und unten schaut, heißt Tectum posterius, Abb. 326). Außerdem ist ein besonderer Deckknochen, das Interparietale, beteiligt, welches zwischen den weiter vorn liegenden paarigen Deckknochen des Scheitels, Parietalia, eingeschoben ist. Beide zusammen bilden die Schuppe des Hinterhaupts, Squama occipitalis. Den verknöcherten primordialen Teil nennt man Unterschuppe, den Deckknochen Oberschuppe.

Eine Trennung der letzteren durch eine horizontale Spalte, welche beim Neugeborenen noch vorhanden ist, Sutura mendosa (Abb. 362b), später aber verwächst, entspricht nicht genau der Grenze zwischen den ursprünglichen

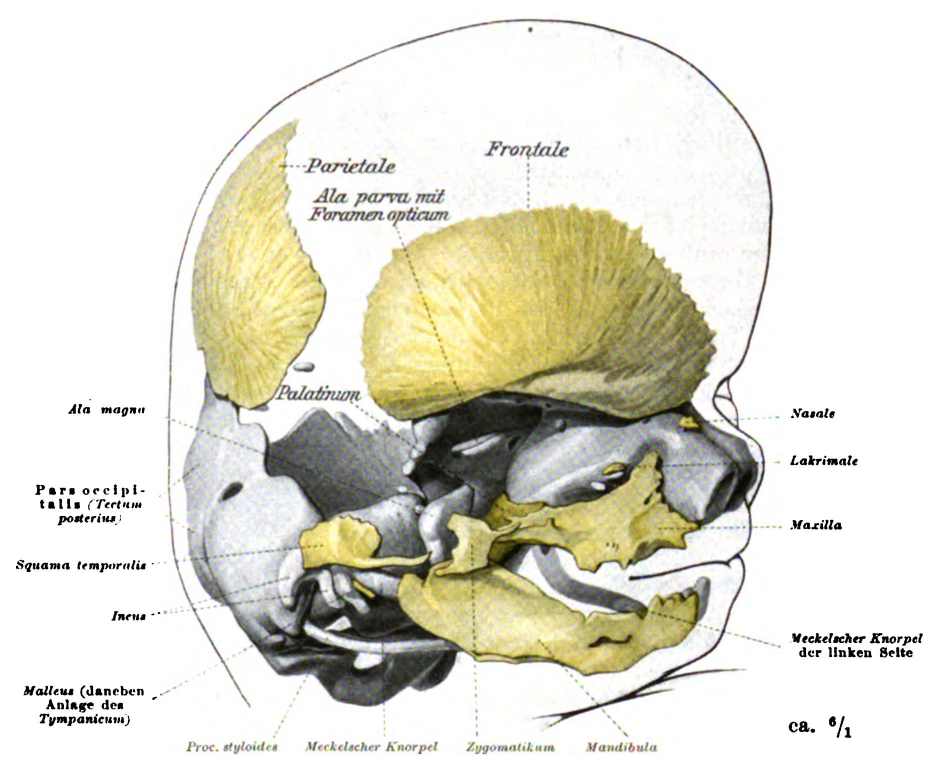


Abb. 326. Gesamtschädel eines menschlichen Embryo (Anfang des 3. Monats, 40 mm Länge). Chondrokranium grau, Deckknochen gelb. Nach Wachsplattenmodell von Macklin (Amer. Journ. Anat. Bd. 16, 1914). Kontur ergänzt nach eigenem Präparat.

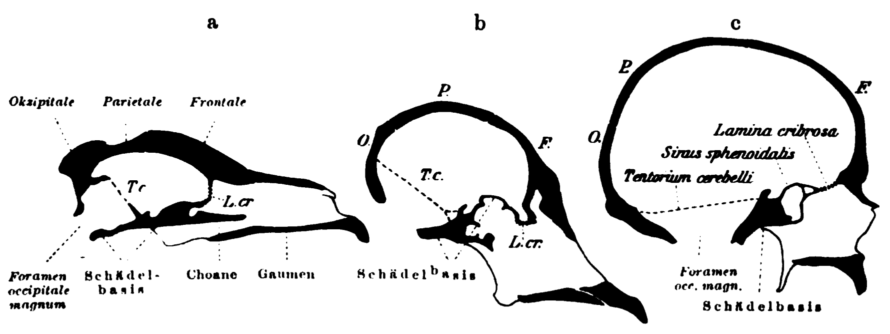


Abb. 327. Medianschnitte durch Schädel. a) Hund, b) Affe, c) Mensch (nach Photo). Ebene des Tentorium cerebelli gestrichelt.

Komponenten, liegt ihr aber nahe und läuft ihr parallel. Beim erwachsenen Schädel existiert bisweilen fast an der gleichen Stelle eine Grenznaht (sie wird in einem besonders hohen Prozentsatz bei altperuanischen Schädeln gefunden; der von ihr begrenzte Knochen wird deshalb Inkabein genannt; manchmal ist es zwei- oder dreigeteilt, Abb. 337).

Der Labyrinthschädel, Pars auditiva, und das Gehörorgan

Der Labyrinthschädel, Pars auditiva, hat seinen Namen vom eigentlichen Sinnesteil des Gehörorgans, dem inneren Ohrabschnitt des Menschen (Schnecke und Bogengänge). Das Mittelohr und das äußere Ohr sind zwei weitere Teile des Gehörorgans, die anfänglich gar nicht im Schädel vorhanden sind. Sie werden erst dadurch zu ihm hinzugeschlagen, daß die außerhalb des Primordialkranium liegenden oberen Enden der beiden ersten Viszeralbogen als Gehörknöchelchen in den Schädel aufgenommen werden (Abb. 317, 318). Ein Deckknochen, das Tympanikum, welcher anfänglich als Stäbchen dem Viszeralskelett aufliegt (Abb. 326), wächst zu einer ringförmig gebogenen Spange, Anulus tympanicus (Abb. 318) und später zu einem dachrinnenartigen Knochen aus, welcher sich von unten an das Primordialkranium anlehnt. Im Anulus tympanicus ist das Trommelfell wie in einen Fensterrahmen eingelassen. Es begrenzt von außen her das Mittelohr, Cavum tympani, welches in dem Maß zu einem abgeschlossenen Raum wird, als die Gehörknöchelchen im Wachstum zurückbleiben und gegen das übrige Viszeralskelett selbständig werden. Außerhalb des Trommelfells schließt sich das rinnenförmige Tympanikum mit dem Ersatzknochen des Primordialkranium, Petrosum, zu einer Röhre zusammen, zum knöchernen Gehörgang, Meatus auditorius externus. Der knorplige Gehörgang und der Knorpel des äußeren Ohres sind vom Primordialkranium getrennt, sind aber doch vielleicht indirekt vom Material desselben abzuleiten. Faßt man den Vorgang im ganzen ins Auge, so ist ein großer Teil der ersten Kiemenspalte in den Schädel einbezogen. Wir können ihren Verlauf vom äußeren Ohr durch den äußeren Gehörgang, das Mittelohr und die Ohrtrompete, Tuba auditiva (Eustachii), bis zum Rachen verfolgen, wo sie an der alten Stelle des Kopfdarms mündet (Abb. 328). Bei wasserlebenden Wirbeltieren nimmt das Wasser diesen Weg von außen nach innen, um als Atemwasser den Kiemen zugeführt und durch die übrigen Kiemenspalten wieder ausgestoßen zu werden. Das Wasser leitet gleichzeitig die Schallwellen in die Nähe des Labyrinths. Aus dieser Nebenwirkung, die auf der zufälligen Nachbarschaft der ersten Kiemenspalte mit dem Labyrinthschädel beruht, ist bei luftatmenden Wirbeltieren die Hauptsache geworden. Die erste Kiemenspalte ist ganz in den Dienst der Schalleitung getreten, indem Luftwellen durch den äußeren Gehörgang dem Trommelfell zugeführt und von diesem an die Kette der Gehörknöchelchen und an das innere Ohr weitergegeben werden. Das Trommelfell geht aus einer besonderen Weiterbildung der Grenzmembran zwischen ektodermaler Kiemenfurche und entodermaler Kiementasche der 1. Spalte hervor (Abb. 320). Da kein Wasser mehr zu passieren braucht, ist ein Durchbruch nicht notwendig; an die Stelle der Verschlußmembran tritt als spezifischer Teil des schalleitenden Apparates eine dünne Haut, welche wie die Schallplatte eines Telephons funktioniert. Damit sie wirklich schwingen kann, ist die Ohrtrompete nach dem Rachen zu offen. Der äußere Luftdruck ruht daher bei normaler Tube nicht nur einseitig vom äußeren Gehörgang aus, sondern auch von der Tube und dem Mittelohr aus auf dem Trommelfell. Bei Tubenkatarrh wird die Luft oft verhindert, in das Mittelohr einzutreten. Dann tritt Schwerhörigkeit ein, weil das Trommelfell nur einseitig vom äußeren Ohr aus durch die Atmosphäre belastet ist. Die aktuelle Bedeutung der einzelnen Teile der ursprünglichen 1. Kiemenspalte für unser Hörvermögen ist daraus klar zu erkennen. Als Kieme ist sie bereits bei niederen Fischen außer Betrieb („Spritzloch"), als schalleitendes Organ ist sie nicht rudimentär, vielmehr hochentwickelt und Ursache zu einer weiten Ausladung des Labyrinthschädels in Territorien, welche dem Primordialkranium ursprünglich ganz fremd sind. So kommt es, daß zahlreiche Nerven und Gefäße in diesen Teil des definitiven knöchernen Schädels eingebacken sind, die ursprünglich ganz außerhalb lagen

(z. B. der Nervus facialis von seinem äußeren Knie ab, Ganglion geniculi, s. Bd. III). Das Schläfenbein, Os temporale, welches in dieser Gegend durch Vereinigung verschiedener Ersatz- und Deckknochen hervorgeht (Tabelle S. 684), ist infolgedessen einer der kompliziertesten Schädelknochen.

Seitliche Ausweitung der Schädelkapsel

Die generelle Ausweitung der Schädelkapsel zu einem Gewölbe führte wie bei der Pars occipitalis, so auch beim Labyrinthschädel zu einer völligen Umstellung dieser Gegend. Die Kapsel des Primordialkranium, in welcher das innere Ohr eingeschlossen liegt, wurde seitwärts umgelegt. Bei Amphibien und Reptilien nimmt dieses Stück noch die ganze Höhe der Seitenwand des Schädels ein (Capsula auditiva, Abb. 323, 324); bei Säugetieren ist es so umgelegt, daß es in die Basis des Primordialkranium fällt (Abb. 325). Die

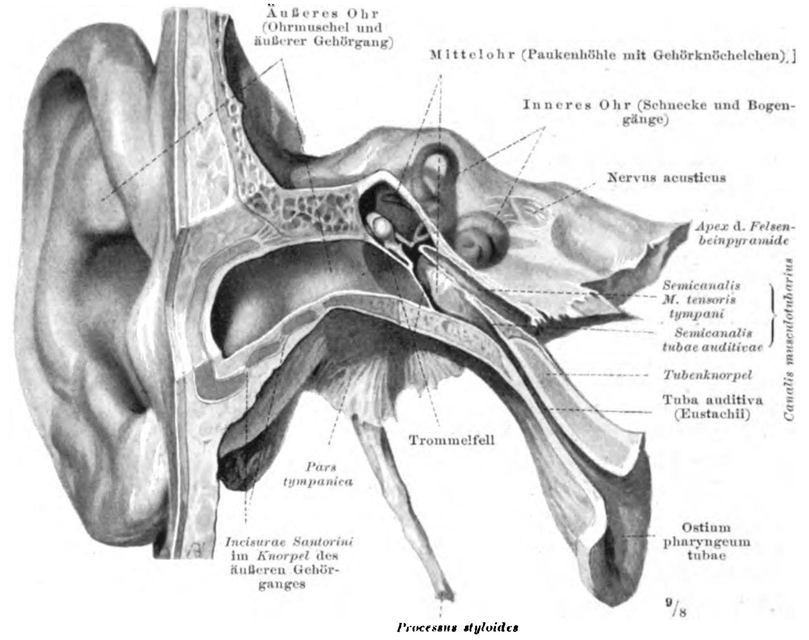


Abb. 328. Schnitt durch das äußere Ohr und Mittelohr. Inneres Ohr durch den Knochen durchscheinend (nach einem mit Metall ausgegossenen, aufgehellten Felsenbein, Methode von Spalteholtz). Halbschematisches Bild.

Felsenbeinpyramide des fertigen menschlichen Schädels, Pyramis oder Os petrosum (Abb. 336), welche im wesentlichen der Labyrinthkapsel entspricht, steht infolgedessen schräg in der Schädelbasis und wendet ihre Spitze nach innen und vorn. Die Niederlegung des Labyrinthschädels führt ihn erst in eine Lage, in welcher die oberen Enden der Viszeralbogen als schalleitende Organe voll zur Wirkung kommen können. So kommt es, daß das alte Kiefergelenk der Wirbeltiere bei den Säugetieren aufgegeben wird und mit den Gehörknöchelchen in den Dienst des schalleitenden Apparates tritt (Hammeramboßgelenk). Dies wird beim Kieferschädel noch näher zu erläutern sein. Die weit zurückliegende Preisgabe des Spritzloches für die Atmung findet also ihre volle Auswirkung für die schalleitende Funktion beim Umbau des Schädels zu einem Gewölbe, weil dadurch die viszeralen Skeletteile erst in die richtige Lage zu den Abkömmlingen des Primordialkranium kommen und sich mit ihnen vereinigen können.

Wahrscheinlich gehen Teile des 2. Viszeralbogens (Hyoidbogen) in die Wandung des Mittelohres selbst ein; der Steigbügel wird von ihnen abgeleitet. Sicher stammt der Griffelfortsatz des fertigen Schädels, Processus styloides, vom 2. Bogen ab (Abb. 326, 318).

Die Schläfenbeinschuppe als Ersatzstück für die seitliche Schädelwand

Auch beim Labyrinthschädel deckt ein Mantelknochen, die Schläfenbeinschuppe, Squama temporalis, den durch die Niederlegung der Ohrkapsel entstehenden Zwischenraum zwischen den Scheitelbeinen und der Schädelbasis. Bei der Hinterhauptsschuppe ist, wie wir sahen, noch ein Stück des Primordialkranium selbst beteiligt, die Schläfenschuppe dagegen entspricht lediglich einem Deckknochen, der ursprünglich gar nichts mit dem Innenraum des Schädels zu tun hat (Squamosum, Abb. 326), beim fertigen Schädel aber einen großen Teil des jüngsten Gehirnabschnittes, des Schläfenlappens, nach außen bedeckt und schützt. Außerdem wächst ein anderer Deckknochen, das oben genannte Scheitelbein, Parietale, abwärts und deckt auch seinerseits die seitliche Partie des Gehirns. Bei niederen Wirbeltieren liegen die Parietalia noch rein dorsal.

Gerade die Seitenwand des Schädels erweist sich im Licht der historischen Vorgeschichte als etwas ganz Neues. Das Schädeldach ist keine Konstante bei den verschiedenen Tieren, weil die Umwandlung zu einem Gewölbe neue Bausteine erforderte. Wie etwa in der Baugeschichte vielfach eine Basilika mit flachem Dach durch neue Bauelemente in ein romanisches Tonnengewölbe umgewandelt wurde, so entstand hier aus dem ursprünglich flachen Dach des Primordialkranium die Wölbung des definitiven Schädeldaches, die beim Menschen ihre höchste Vollendung gefunden hat. Hier liegt ein Hauptirrtum der Goethe-Okenschen Wirbeltheorie; sie vergleicht den Innenraum des Schädels mit dem Innenraum der Wirbelsäule und hält das Schädeldach für einen Komplex aus sehr stark erweiterten Wirbelbogen. Die Wirbelbogen gehören zum primordialen axialen Skelett, das Schädeldach aber zu der Knochenpanzerung der Haut, welche erst nachträglich in den Schädel einbezogen wurde und erst bei den höchsten Formen eine so ausgesprochene Bedeutung erlangte. Das alte Schädeldach ist zugrunde gegangen. Seine Auflösung in einzelne Spangen vor dem völligen Verfall ist sehr schön bei den Reptilien ausgeprägt (Abb. 324).

Der Augenschädel (Pars orbitotemporalis) als Neuprodukt

Der Augenschädel, Pars orbitotemporalis, ist in allen seinen Teilen ein hochwertiges Neuprodukt. Beim röhrenförmigen Urschädel ist nicht einmal eine Andeutung einer Kapsel zum Schutz des Auges vorhanden (Abb. 323). In anderen Fällen ist eine flache Mulde angedeutet (Orbita). Das Primordialkranium und das Gehirn in ihm muß für diese den Platz hergeben. Das Skelett wird auf eine bloße Zwischenwand zwischen den Orbitae eingeschränkt (Abb. 324, Septum interorbitale). Statt dessen wird bei den Säugern die Orbita auf eine neue Weise geformt, welche das Gehirn nicht beeinträchtigen kann. Denn statt einer Einsenkung in den Urschädel wird eine erhöhte Umwallung rings um das Auge geschaffen. Die Beziehung der Region zur Schläfe ist eine der neuesten Errungenschaften des Schädels auf diesem langen Etappengang zur definitiven Form der Orbita des Menschen. Auch hier sind wieder viele Einzelheiten des fertigen Schädels so tief in dem historischen Entwicklungsgang und seinen Ursachen begründet, daß sie nur auf diesem Wege verständlich sind.

Einbeziehung des Ganglion Gasseri, alte und neue Schädelwand

Aus Abb. 325 kann man ersehen, wie die Nasenkapsel, welche bei Säugern progredient nach vorn und hinten ausgewachsen ist und unter der Schädelbasis einen Mittelstock des Gesichtes formt, zu beiden Seiten eine Nische für das Auge frei läßt. Die Partie der basalen Wand des Primordialkranium, welche die primitive Orbita begrenzt, heißt in der menschlichen Anatomie Ala parva (s. orbitalis) und die seitliche Wand der Nasenkapsel heißt Lamina papyracea (Abb. 354). Nur diese relativ geringen Anteile der Wand der definitiven Orbita werden vom Primordialkranium unmittelbar beigesteuert. Dazu kommen aber Einbeziehungen von neuen Territorien in die Schädelwand, welche dem Binnenraum des alten Primordialkranium ganz fremd sind. Ein Maßstab

dafür ist die Lage gewisser Gehirnnervenäste zum Schädel. Der Nervus trigeminus hat drei Äste (Va, Vb, Vc). Diese kommen ursprünglich aus dem gleichen Loch des Schädels heraus. Bei Säugern jedoch kommt jeder durch sein besonderes Loch, der erste durch die Fissura orbitalis superior, der zweite durch das Foramen rotundum, der dritte durch das Foramen ovale des menschlichen Schädels (Abb. 336). Mit anderen Worten: die Schädelwand ist so weit hinausgeschoben, daß die Abgangsstelle der drei Trigeminusäste und noch ein Stück dieser Äste selbst in das Territorium des Schädels hineinfällt. Der Stelle der alten Schädelwand entspricht beim jetzigen Schädel die harte Hirnhaut (Dura mater); es liegt das Ganglion des Trigeminus (Ganglion Gasseri) außerhalb der Dura, aber innerhalb des Schädels, während die Ganglien aller übrigen Kopfnerven außerhalb des Schädels liegen. Beim embryonalen Säugerschädel erkennt man den Vorgang in statu nascendi. Auch das Ganglion des Trigeminus liegt hier außerhalb der alten Schädelwand, die nur bindegewebig angelegt wird (Abb. 329). Ein knorpliger Fortsatz der Schädelbasis, Ala temporalis, schiebt sich dagegen außen vom Ganglion in die Höhe. Er liegt so, daß der 1. und 2. Ast vor ihm vorbeiziehen, der 3. Ast hinter ihm. Je weiter die Ala temporalis auswächst, um so mehr verbreitert sich ihre Basis. Der 2. Ast schneidet dabei von vorn, der 3. Ast von hinten in sie ein. So entstehen die beiden oben genannten Foramina für die beiden Nerven. Nur der 1. Ast bleibt am vorderen Rand der Ala temporalis liegen.

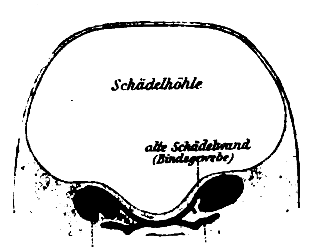


Abb. 329. Alte und neue Schädelwand. Querschnitt durch den Kopf eines Mäuseembryo (Gaupp, Anat. Hefte. Bd. 19, 1902; halbschematisch). Nur die Ala magna verknorpelt.

Der Vorläufer dieses Skelettstückes ist ein frei aus dem Schädel herausragender Vorsprung, der mit dem Binnenraum des Primordialkranium gar nichts zu tun hat (bei Reptilien Processus basipterygoideus genannt, Abb. 324). Die Fissura orbitalis superior ist die Stelle, wo sich die neue Komponente an den alten Bestand der Schädelwand anlehnt. Der erste Trigeminusast bezeichnet diese Grenze. Anfänglich ist die Ala orbitalis der größere und die Ala temporalis der kleinere Knochenabschnitt. Erst bei den Primaten ist das Verhältnis umgekehrt. Man nennt deshalb die Ala temporalis in der menschlichen Anatomie Ala magna, die andere Ala parva. Die Ala magna ist so groß geworden, daß sie außerhalb der Orbita am Schädeldach zwischen die Deckknochen der Kalvaria eingeschoben ist. Sie hilft hier die Schläfengrube, Fossa temporalis, formen (Abb. 370).

Fünf Deckknochen des Augenschädels

Zu den drei Ersatzknochen, welche sich aus den bisher genannten Bestandteilen des Knorpelskeletts bilden (Lamina papyracea, Ala orbitalis, Ala temporalis), kommen noch fünf Deckknochen hinzu, um das Mosaik vollständig zu machen, dem die knöcherne Umwallung des Auges ihre Festigkeit und Sicherheit verdankt. Von oben ergänzt der vorderste Deckknochen des Schädeldaches, das Frontale, die Orbita; ferner sind vier Deckknochen von der Nasenkapsel her in sie einbezogen: das Lakrimale und Palatinum innen, die Maxilla unten und das Zygomatikum außen (Abb. 354, 325, 326). Sie sind zum Teil ursprünglich dem Nasenskelett fremd, sind aber sämtlich durch Vermittlung desselben an die Orbita herangelangt. Das Frontale ist anfänglich ein flacher Knochen, wird aber mit zur Konstruktion des Gewölbes des Schädeldaches benutzt, wenn das Gehirn wächst (Abb. 327). Seine vorderste Partie schiebt sich über den Augapfel als Augenbrauenrand der Orbita nach vorn und ist bei Menschenaffen und selbst bei den unmittelbaren Vorgängern des jetzigen Menschen noch flach und niedrig (Abb. 316a, 347). Dieses Schutzdach für das Auge liegt anfänglich vorn vom Gehirn (präzerebral), wird aber schließlich überlagert von dem vordersten Teil des Großhirns, welches so außerordentlich

wächst, daß die Kalvaria das Orbitaldach mit als Basis benutzt. Die Stirn ist dann nicht mehr „fliehend".

Eine steil aufsteigende Stirn ist nicht in allen ihren Teilen nur von der Entwicklung des Gehirns bedingt. Gerade die Partie zwischen Nasenwurzel und Stirnfläche, welche die antiken Künstler aufgehöht haben, bis das auch bei altgriechischen Schädeln in Wirklichkeit seltene „klassische Profil" (Abb. 330) entstand, ist an der Stelle, auf die es ankommt, von den pneumatischen Nebenräumen der Nase gebildet (**Sinus frontalis**, siehe Nasenschädel). Man kann also im klassischen Profil keinen Hinweis auf besondere Geistigkeit des Trägers erblicken; vielmehr ist seine Unterlage statt Hirn ein luftgefüllter Raum. Die Vorliebe der antiken Künstler für diesen Typus hat rein ästhetische Gründe und hängt u. a. mit der günstigen Verteilung von Licht und Schatten für die plastische Wirkung zusammen.

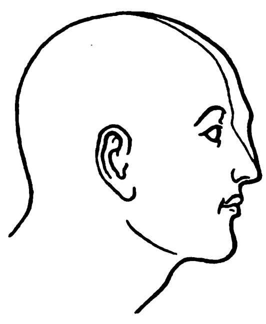


Abb. 330. Klassisches Profil. Dicke Linie gemäß dem Kontur des Zeus von Otricoli, dünne Linie gemäß einem durchschnittlichen Europäer (aus Langer, Anatomie der äußeren Körperform 1884).

Der Nasenschädel (Pars nasalis) mit den Muscheln

Der **Nasenschädel, Pars nasalis**, ist der fortschrittlichste Teil des Primordialkranium bei den Säugern (S. 659). Die progrediente Entwicklung äußert sich auch im Innenraum der Nasenkapsel. Sie gleicht einer doppelläufigen Flinte mit einer medianen Scheidewand (Septum, Abb. 325). Von der lateralen Wand aus wachsen jederseits Fortsätze gegen das mediane Septum der Kapsel vor, die **Muscheln, Conchae** (Abb. 331). Die Vergrößerung der inneren Oberfläche für die Schleimhaut ist wesentlich, weil die Feuchtigkeit mit der Größe der verdunstenden Oberfläche wächst und das Riechvermögen des eigentlichen Riechepithels durch sie gesteigert wird. Die eigene Erfahrung lehrt uns, daß übelriechende Substanzen bei trocknem Wetter unsere Riechnerven nicht sonderlich reizen; an schwülen

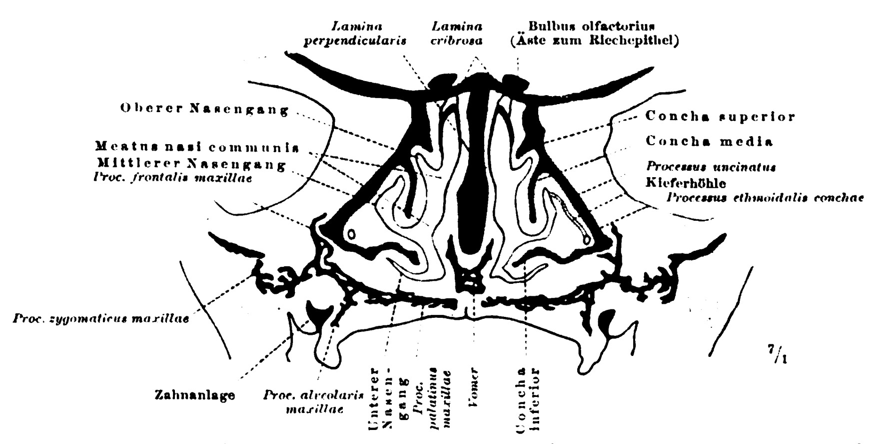


Abb. 331. Frontalschnitt durch die Nasenhöhle. Menschlicher Embryo. Ende des 4. Monats. Knorpel dunkelgrau, Ersatzknochen schraffiert, Deckknochen schwarz (halbschematisch, frei nach Kallius: Geruchsorgan, in Bardelebens Handbuch der Anatomie 1905).

Tagen stinkt es dagegen fast überall. Das ist die Folge der feuchten Wärme, welche nötig ist, um den Geruch bis an uns heran zu bringen. Von da ab leitet ihn die feuchte Luft in der Nase selbst. Tiere mit feinstem Riech- und Spürvermögen haben denn auch die höchstentwickelten Muscheln: beim Hund ist ein ganzes Labyrinth in das Innere des Nasenraums hinein entwickelt, durch welches die Luft nur in feinen Zwischenräumen passieren kann (Abb. 332). Außer zum Riechvermögen haben die Muscheln auch Bezug zum Atmen. Die

Luft wird auf den engen Wegen zwischen und neben den Nasenmuscheln vorgewärmt und vorge einigt. Alles Nähere ist später bei den Atmungsorganen zu besprechen (siehe Eingeweide).

Ein anderer, entgegengesetzt gerichteter Prozeß kommt hinzu, um die Schleimhautfläche der Nasenhöhle zu vergrößern. Wie die Muscheln sich nach innen zu vorstülpen, so wachsen Nebenhöhlen der Nase, Sinus, nach außen zu aus. Am größten wird die unter der mittleren Muschel entstehende Kieferhöhle, Sinus maxillaris (Abb. 331). Anfänglich ist sie beim Embryo nur in das Bindegewebe der Schleimhaut eingebettet und innerhalb der primordialen Nasenkapsel gelegen (Knorpel). Bei der Geburt des Menschen ist sie noch kaum größer als eine Erbse. Später ist sie in den der Nasenkapsel anfänglich fernerliegenden Oberkieferknochen, Maxilla, vorgedrungen und der Zahnanlage so genähert, daß schließlich oft die Zahnwurzeln des Erwachsenen frei in die große Kieferhöhle hineinragen (Abb. 365). Der Eingang bleibt immer am obersten Punkt ihrer medialen Wand (unter der mittleren Muschel) erhalten. Ähnlich wie die Kieferhöhle, aber weniger ausgedehnt, wachsen Nebenhöhlen in alle anderen Knochen vor, die der primordialen Nasenkapsel benachbart sind oder ihr zugehören. Wie bei den Vögeln die Knochen von der Lunge aus pneumatisiert werden, um ihr Gewicht zu verringern, so wird der Schädel bei seinem Wachstum durch Lufträume leicht erhalten, welche von der Nase ausgehen, also auch hier von einem Teil des Respirationstraktus. Selbst die Schädelbasis wird durch eine Nebenhöhle, Sinus sphenoidalis, Keilbeinhöhle, ausgehöhlt (Abb. 327c); auch in das Stirnbein dringen Nebenhöhlen vor, Sinus frontales, Stirnbeinhöhlen (Abb. 365); die meisten bleiben allerdings in der Wand der primordialen Nasenkapsel eingebettet, Sinus ethmoidales, Siebbeinhöhlen. Zwischen letzteren und der Augenhöhle bleibt vom Ersatzknochen der lateralen Orbitalwand beim Erwachsenen nur ein papierdünnes Knochenblatt übrig, welches die Siebbeinzellen durchschimmern läßt, Lamina papyracea (siehe Augenschädel, S. 676).

Nebenhöhlen der Nase

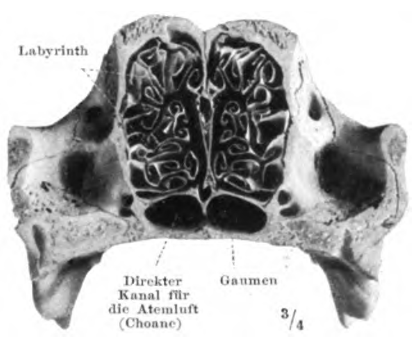


Abb. 332. Querschnitt durch das Skelett der Nase, Hund. Es sind die hinteren Muscheln getroffen (vgl. Abb. 327a. Querschnitt durch den hinteren Teil des Gaumens).

Wir haben mit der zusammenhängenden Darstellung der Innenräume der Nasenkapsel die Ursachen kennen gelernt, welche zu einem hochgradigen Umbau der Kapsel selbst geführt haben. Die primordialen Bausteine reichen auch hier nicht aus, um der Innenarchitektur ein entsprechendes Gehäuse zu schaffen. Deshalb werden Deckknochen der Nasenkapsel selbst und namentlich Deckknochen des benachbarten Kieferbogens in die Nasenkapsel mit einbezogen. Ein Teil der primordialen Nasenkapsel bleibt aber immer beim Erwachsenen knorplig erhalten. So erscheint auch hier ein reiches Gefüge verschiedenartiger Skeletteile zum Aufbau des definitiven Nasenschädels verwendet.

Mosaik der Bauelemente

Aus dem primordialen Skelett entsteht ein unpaarer Knochen, das Siebbein, Ethmoidale, und ein paariger Knochen, die unteren Muscheln, Conchae nasales inferiores (Ossa maxilloturbinalia). Das Siebbein hat seinen Namen von den feinen Riechnerven, welche durch zahlreiche Kanälchen die obere Platte der Nasenkapsel und des späteren Knochens durchsetzen, Lamina cribrosa, Siebplatte (Abb. 331, 336). Ferner umfaßt es einen Teil der Nasenscheidewand, Lamina perpendicularis, und die beiden äußeren



Wände der primordialen Nasenkapsel, soweit ihr die oberen Muscheln anhängen (Abb. 331). Nur die untere Muschel bildet jederseits einen Ersatzknochen für sich, Concha nasalis inferior. Sie bleibt nur an einer Stelle mit einem langen Fortsatz des Siebbeins, Processus uncinatus, in Kontakt (Abb. 331, 352). Zur Ergänzung der Scheidewand, welche zum Teil knorplig bleibt, ist ein Deckknochen von der Mundhöhle aus herbeigezogen, welcher sich um sie wie die Scheide eines Messers um die Klinge herumlegt und dessen beide Blätter später zu dem unpaaren Vomer, Pflugscharbein, verschmelzen (Abb. 331, 353). In die seitliche Nasenwand treten zwei Deckknochen der Nasenkapsel ein, das Tränenbein, Lacrimale, und das Nasenbein, Nasale (Abb. 325, 326, 334). Wie sehr der Knorpel am Aufbau der seitlichen Nasenwand beteiligt bleibt, lehren uns das Betasten der eigenen Nase und die Möglichkeit, sie zu blähen und einzuziehen (vgl. auch Abb. 353). Der Boden der Nasenhöhle erhält von der Mundhöhle aus zwei Deckknochen, die ursprünglich dem Kieferbogen anliegen (Viszeralskelett), aber schließlich ganz zur definitiven Begrenzung des Munddaches und auch der seitlichen Nasenwand herangezogen werden: der schon häufiger genannte Oberkiefer, Maxilla, und das Gaumenbein, Palatinum (Abb. 325, 326). Beide reichen beim Erwachsenen sogar bis an die Augenhöhle heran und sind normale Bausteine des Mosaiks ihrer Wandbekleidung geworden (Abb. 354). Wie stark die Maxilla und das Palatinum am Aufbau auch der seitlichen Nasenwand beteiligt sind, zeigt Abb. 352; den Nasenboden, zugleich das Dach der Mundhöhle, bilden beide allein.

Der Kieferschädel, Pars alveolaris. Altes und neues Kiefergelenk

Der Kieferschädel, Pars alveolaris, ist derjenige Teil, welcher die Zähne trägt. Sie stecken beim Erwachsenen in besonderen Fächern des Ober- und Unterkiefers, Alveolen (Abb. 373). Der erste Viszeralbogen der Nichtsäuger, welcher die Zähne trägt, besteht aus zwei Stücken, welche wie die Branchen einer Schere gegeneinander wirken (Abb. 317). Ein solcher Mechanismus ist wohl geeignet eine Beute zu fassen und festzuhalten. Aber beim Zerschneiden in Bissen wird bei ihm immer ein Teil der verfügbaren Kraft ungenützt verloren gehen, weil eine Schere versucht, den zwischen den Scherenblättern befindlichen Körper vom Drehpunkt wegzutreiben; ein Glasstab beispielsweise wird beim Scherenschluß nach der Scherenspitze zu gedrängt. Das bedeutet beim Maul einen Antrieb nach der Mundöffnung anstatt nach dem Schlunde zu. Die Fische, Amphibien und Reptilien schlingen denn auch ihre Beute meistens unzerkaut oder in groben Stücken hinunter. Die feinere Zertrümmerung und Zerreibung der Nahrung ist bei den Säugern durch einen völligen Umbau des Kieferapparates möglich geworden. Nur das ventrale Stück des primordialen Kieferbogens verbleibt mit seinem größten Abschnitt, dem MECKELschen Knorpel, im Dienst des Kauens (Abb. 318, 325). Das alte Kiefergelenk ist als Hammeramboßgelenk in den Schädel hineingerückt. Der Hammer, Malleus, ist das dorsale Stück des ventralen Bogenabschnittes; der Amboß, Incus, ist der ganze dorsale Bogenabschnitt (Palatoquadratum des Kieferbogens). Die Bedeutung der Einbeziehung dieser Gehörknöchelchen für den Labyrinthschädel ist bei diesem erörtert worden (S. 674). Für den Kieferapparat kommt ein neues, viel zweckmäßigeres Kiefergelenk als das alte zustande. Ein Deckknochen des Kieferbogens, die Mandibula (Dentale), wächst mit einem Fortsatz, dem Processus condyloides, weiter vorn als das alte Kiefergelenk in die Höhe; er wird vor dem Ohr gelenkig mit dem Schädel verbunden. Die Mandibulae der beiden Seiten verwachsen in der Kinngegend. Nahe der medianen Synostose sitzen im Unterkiefer Ersatzknochen, die einzigen Reste des MECKELschen Knorpels. Sonst geht der ganze primordiale Kieferbogen im Bereich des Kieferschädels verloren. Dagegen wirkt die aus ventralen Deckknochen entstandene unpaare Mandibula gegen die aus dorsalen Deckknochen der vordersten

Viszeralbogen entstandene Maxilla (Abb. 326). Der Drehpunkt ist mehr nach vorn verlegt, und der Mund kann weniger weit geöffnet werden. Darin war das alte Kiefergelenk dem neuen überlegen z. B. bei Schlangen, welche Tiere vom mehrfachen Durchmesser ihres eignen Körpers verschlingen können. Je mehr sich aber der Angulus mandibulae ausbildet, um so günstiger wirkt das neue Kiefergelenk der Säuger für das Zerquetschen der Nahrung (Abb. 373 b). Die Zahnreihen des Ober- und Unterkiefers werden wie bei einem Nußknacker so aufeinander zugeführt, daß beim Kauen an lebendiger Kraft nichts verloren geht. In der Kieferzange ist genügend Raum für die Bissen, wie in dem genannten Instrument Platz sein muß für die Größe der Frucht, deren Schale zertrümmert werden soll; andernfalls wird die Nuß weggetrieben (siehe oben: Schere).

Ober- und Zwischenkiefer, Gaumen

Im Oberkiefer stecken die früher besprochenen paarigen Deckknochen, welche sich vom dorsalen Abschnitt des Kieferbogens aus jederseits auf der Nasenkapsel bis zur Augenhöhle ausbreiten und am Nasen- und Augenschädel beteiligt sind (Maxilla, Abb. 326), und dazu der Zwischenkiefer, Incisivum, der beim Menschen bekanntlich von Goethe entdeckt wurde. Letzterer legt sich als selbständiger Deckknochen beiderseits vorn im Gaumen an und bleibt bei vielen Säugetieren zeitlebens selbständig (Abb. 333); beim menschlichen Embryo verwächst er bald nach seinem Entstehen mit der Maxilla seiner Seite, so daß beim Erwachsenen nur ausnahmsweise im Gaumen eine feine durchlaufende Grenznaht sichtbar ist, Sutura incisiva (Reste sind häufiger zu treffen, Abb. 335. Über die Beziehung zu den Zähnen siehe Mundhöhle, Bd. II).

Die Mundhöhle, welche vorn und seitlich vom „Gehege der Zähne“ umschlossen ist, hat als Dach den Gaumen. Er ist zum größten Teil hart, Palatum durum, nur hinten weich, Palatum molle. Der harte Gaumen gehört mit zum Schädel. In ihm liegt der Gaumenfortsatz der Maxilla, Processus palatinus, welcher so weit auswächst, bis er mit dem der anderen Seite in der Medianlinie zusammenstößt (Abb. 331). Hinter ihm ist ganz ebenso der Processus palatinus eines anderen Belegknochens, des Gaumenbeins, Os palatinum, gelegen. Es ist nach oben zu auch an der Nasenhöhle und an der Augenhöhle beteiligt und dort besprochen. Außer dem Gaumenbein stammt noch das Pterygoid von Belegknochen des dorsalen Abschnitts des Kieferbogens ab; beide sind nach dessen Rückbildung an den Gaumen gelangt. Das Pterygoid ist vom Gaumen aus weiter gewandert, aus dem Gaumendach ausgeschieden, als neuer Bestandteil an die Basis des Schädels angeschmolzen und dort zur medianen Lamelle des sog. Flügelfortsatzes, Processus pterygoideus, geworden (Abb. 335, 357). Ein Kanal, der durch die Wurzel dieses Fortsatzes hindurchzieht, Canalis vidianus, ist ein sehr schönes Beispiel dafür, wie durch die Angliederung von Deckknochen an den primordialen Schädel Nerven und Gefäße, welche ursprünglich außerhalb des Skeletts lagen, in dieses eingebacken werden. Sie bilden hier den Inhalt des Vidischen Kanals (Arteria vidiana, Nervus vidianus).

Zunge und Zungenbein

Mit Ausnahme des harten Gaumens ist die Mundhöhlenwandung beweglich. Die Wangen und der Mundhöhlenboden sind muskulös und passen sich dem Inhalt der Mundhöhle hochgradig an. Wir haben bereits hervorgehoben, daß die Fische und Amphibien mit dem Mundboden oder mit der Zunge direkt gegen die Schädelbasis wirken. Der Gaumen der Säuger ist dagegen als hartes Widerlager für die Zunge an ihre Stelle getreten, nachdem die Nasenkapsel als Zwischenstock des Gesichtes unter die Schädelbasis gelangte. Für die Zunge selbst dient das Zungenbein, Os hyoides, als Stütze (Abb. 333), ein Abkömmling des 2. und 3. Viszeralbogens (Tabelle S. 663 und Abb. 317, 318). Das vordere Horn ist anfänglich am längsten; doch wird der größte Teil in den Schädel einbezogen und vom Rest getrennt, der dem definitiven Zungenbein verbleibt.



Man nennt den an den Gehörschädel angeschmolzenen Teil den **Griffelfortsatz** des Schädels, **Processus styloides** (Abb. 335), das betreffende Horn des Zungenbeins: **kleines Horn, Cornu minus** (Abb. 360). Das hintere Horn wird durch die Reduktion des vorderen relativ größer als das vorige: **großes Horn, Cornu majus**. Der **Körper** des Zungenbeins, **Corpus**, geht aus dem Verbindungsstück des 3. Viszeralbogens, **Copula**, hervor.

Abgrenzung der Schläfengrube gegen die Augenhöhle, Jochbrücke

Die Belegknochen, welche einst die Schläfengegend bedeckten, gehören zum Kieferschädel, weil die Kiefermuskeln die Schläfengegend einnehmen und einst unter diesem Knochenpanzer lagen. Wahrscheinlich sind zuerst in dem knöchernen Dach der Kaumuskulatur Fontanellen ähnlich denen des Schädeldaches entstanden. Schließlich blieb nur ein einziger Deckknochen übrig: das **Jochbein, Zygomaticum**, welches sich bei vielen Säugetieren als eine schmale Brücke vom Augenhöhlenrand zur Ohrkapsel herüberspannt. Darunter liegt ein **gemeinsamer** Raum für die Schläfenmuskeln und das Sehorgan (Abb. 333). Bei den Primaten ist die Jochbrücke jedoch in der Tiefe zur Scheidewand zwischen Temporalgrube und Orbita geworden. Sie wächst in eine membranöse Scheidewand vor, welche bei allen übrigen Säugern die Kaumuskeln von dem Sehorgan trennt. Beim Orang-Utan und Gorilla erreicht der Knochen überall in der Tiefe die eigentliche Schädelwand und verwächst mit ihr. Beim Menschen bleibt eine breite Spalte zwischen dem Jochbein und der Ala magna offen, **Fissura orbitalis inferior**, durch welche nach wie vor die Augen- und Schläfengrube kommunizieren (Abb. 354). Der älteste Brückenteil behält die oberflächliche Lage, welche anfangs das ganze Jochbein hatte. Er ist nicht wie andere Deckknochen als Wandknochen in den Schädel inkorporiert worden. Daher ist das Jochbein einer der vorspringendsten Knochen des Gesichts überhaupt und für die Ansätze der Kaumuskeln und vieler mimischer Muskeln wichtig (Abb. 370). Die Jochbrücke kann außerdem als äußerer Strebepfeiler Spannungen der eigentlichen Wandknochen des Schädels ausgleichen und übermäßige Beanspruchungen des Gewölbes verhüten.

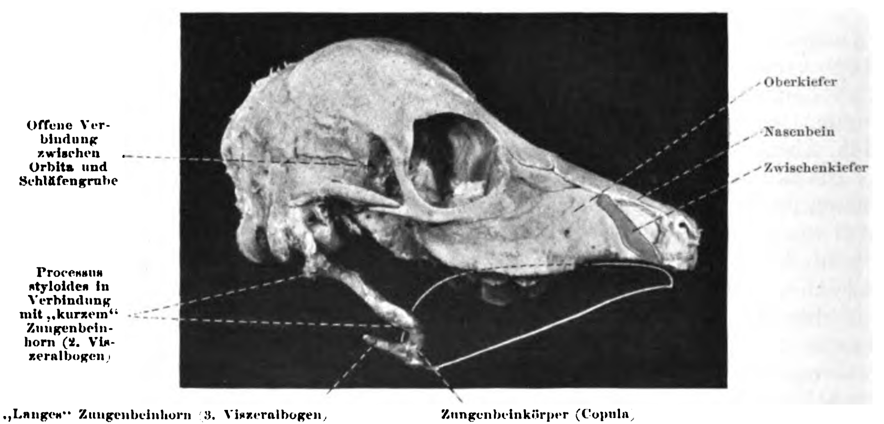


Abb. 333. Schädel mit Zungenbein eines Rindsfötus. Unterkiefer entfernt. Zunge als Kontur eingetragen (Photo).

b) Die einzelnen Schädelknochen und -knorpel.

Material und Werkstück

Im vorhergehenden beschäftigten wir uns mit der allgemeinen Baugeschichte des Schädels und seiner Abteile. Die Absicht war klarzustellen,

wie die verschiedenen Bauelemente und Bauperioden schließlich das in sich unbewegliche Ganze schaffen konnten, welches der menschliche Schädel heute darstellt. Vom Skelett des Kopfes und Halses sind nur der Unterkiefer, das Zungenbein und die Kehlkopfknorpel beweglich. Die Schädelkapsel selbst hat Nähte und Fugen, die so fest sind, daß gewöhnlich keine Beweglichkeit möglich ist. Sie können aber künstlich am mazerierten Schädel gelöst werden: „gesprengter" Schädel. Er zerfällt in eine Anzahl einzelner Knochen (Abb. 334). Zu ihnen kommen die Knorpel, welche beim mazerierten Schädel als Lücken ausgespart sind, die aber ebenfalls bestimmte Individuen sind und gemeinsam mit den Knochen den Schädel des Lebenden zusammensetzen. Hier handelt es sich also um individuelle knöcherne und knorplige Teile des Kopfskeletts, welche wohl an die historischen Bauelemente des Schädels anknüpfen, und von

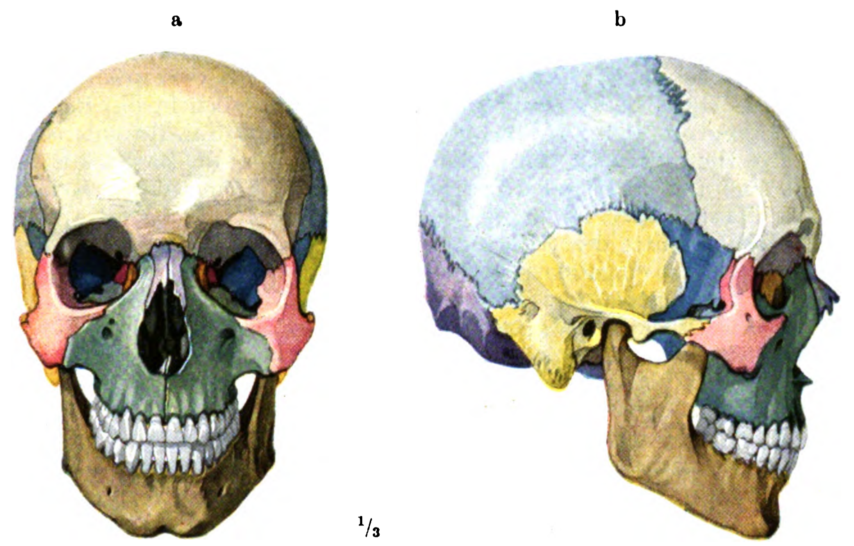


Abb. 334. Übersicht über die Knochenindividuen des Schädels. a) Vorderansicht, b) Seitenansicht. Okzipitale dunkelviolett, Sphenoidale dunkelblau, Temporale hellgelb, Parietale hellblau, Frontale hellbraun, Ethmoidale dunkelrot, Lakrimale orange, Nasale hellviolett, Maxilla grün, Zygomatikum hellrot, Mandibula dunkelbraun (Vomer, Palatinum und Concha nasalis inferior liegen verdeckt, siehe Abb. 352, 353). Die gleichen schematischen Farben sind für die folgenden Knochenbilder verwendet.

denen einzelne direkt aus einem bestimmten Element hervorgehen; manche Knochenindividuen sind aber etwas ganz Besonderes, Neues, aus den verschiedensten Bauelementen Ableitbares, wie wenn aus einem Gestein, das geologisch verschiedenartig zusammengesetzt, aber doch als Baumaterial einheitlich ist, Quadern herausgemeißelt werden. Wir haben bisher das Gebäude des Schädels nach seiner allgemeinen Formentstehung und der Herkunft der verwendeten Materialien hin betrachtet; wir studieren jetzt die einzelnen Werkstücke, aus denen der jetzige Bau beim Menschen besteht. Da naturgemäß für den Bewegungsapparat den einzelnen unter sich fest verbundenen Knochen und Knorpeln keine besondere Wichtigkeit zukommt, so genügt für diesen eine Übersicht an dieser Stelle. Sie ist für die Orientierung am Schädel und für die Benennung der einzelnen Stellen wichtig, weil die Nomenklatur die natürlichen Grenzen der Individuen für ihre Zwecke benutzt.

Begriff des Individuums

Jeder Schädelknochen hat seine individuelle Geschichte. Sie liegt aber bei den meisten zur Zeit noch sehr im Dunkel. Nur so viel läßt sich sagen, daß die einzelnen Stücke durch ihre Lage und Umgrenzung ihre besondere



Fähigkeit zu wachsen haben, die im Verhältnis zum Ganzen steht. Der Schädel ist in solche Individuen zerlegt, welche gerade für seine Spezialform die günstigsten interstitiellen und appositionellen Wachstumsbedingungen haben. Deshalb sind bei den so verschiedenen Schädelformen der Tiere auch immer wieder etwas andersartige Unterteilungen in Individuen zu beobachten. Geht die individuelle Begrenzung verloren, solange der betreffende Knochen noch wächst, so kann der Schädel hochgradig mißgestaltet werden (Abb. 364). Die histiomechanischen Beanspruchungen des Schädels schwanken nicht nur während der Entwicklung, sondern während des ganzen Lebens, da Änderungen des Gesamtkörpergewichts und der körperlichen Leistungen auch den Schädel ändern. Deshalb verschwinden im allgemeinen die Individualknochen nicht. Vom 30. Lebensjahr ab ist allerdings der Zustand relativ stationär. Synostosen nach diesem Termin sind deshalb nicht so verhängnisvoll wie vor ihm und sind stellenweise sogar die Regel.

Gruppen und Individuen (Tabelle)

Die einzelnen Knochen und Knorpel des Kopfskeletts faßt man zusammen in solche, welche die Hirnkapsel bilden, Ossa cranii cerebralis, und in Knochen des Gesichtes, Ossa faciei. Letztere zerfallen in die Individuen der Nasenregion und Kieferregion. Die folgende Tabelle unterscheidet danach drei Hauptgruppen von Skeletteilen des Kopfes, die im Schädel selbst vereinigt sind (Abb. 334) oder frei im Hals liegen (Zungenbein, Kehlkopf). Bei jeder Hauptgruppe ist angegeben, welcher der im vorigen Kapitel besprochenen Abschnitte des Schädels zu ihr gehören. Die einzelnen Knochen und Knorpel sind so eingetragen, daß aus der Tabelle ersichtlich ist, aus welchen Urelementen sie abstammen. Der Name eines jeden Individuums (Rufname) ist durch den Druck hervorgehoben. Daneben ist angegeben, ob es in Ein-, Zwei- oder Mehrzahl vorkommt, und auf die Seite verwiesen, auf welcher die Beschreibung des betreffenden Knochens beginnt.

Kopfskelett (Schädel, Zungenbein, Kehlkopf).

	Ersatzknochen und Knorpelreste von		Deckknochen auf	
	A. Primordialkranium	B. Viszeralskelett	A. Primordialkranium	B. Viszeralskelett (oder Viszeralmuskeln)
I. Hirnkapsel (Wirbel-, Labyrinth- und Augenschädel)	1. Os occipitale (1) S. 685	—	Os interparietale (oberer Teil der Squama) (1)	—
	2. Os sphenoidale (1) S. 690	—	—	Mediale Lamelle des Processus pterygoideus (2)
	3. Os temporale (2) S. 696 (Pars petrosa, Pars mastoidea, Knorpel d. äußeren Gehörgangs u. der Tuba auditiva)	Processus styloides (2), Gehörknöchelchen	Squama temporalis (2)	Tympanikum
	4. —	—	Os parietale (2) S. 707	—
	5. —	—	Os frontale (1) S. 709	—

	Ersatzknochen und Knorpelreste von		Deckknochen auf	
	A. Primordialkranium	B. Viszeralskelett	A. Primordialkranium	B. Viszeralskelett (oder Viszeralmuskeln)
II. Nasenregion (Nasenschädel)	6. Os ethmoidale (1) S. 714	—	—	—
	7. Concha nasalis inferior (2) S. 717	—	—	—
	8. Cartilagines nasi (7—12 oder mehr) S. 718	—	—	—
	9. —	—	Os lacrimale (2) S. 720	—
	10. —	—	Os nasale (2) S. 721	—
	11. —	—	Vomer (1) S. 722	—
III. Kieferregion (Kieferschädel)	12. —	—	—	Maxilla (+ Inzisivum) (2) S. 723
	13. —	—	—	Os palatinum (2) S. 728
	14. —	—	—	Os zygomaticum (2) S. 731
	15. —	Cartilago Meckelii (2) (Ersatzknochen in der Symphyse der Mandibula)	—	Mandibula (1) S. 732
	16. —	Os hyoides (1) S. 736	—	—
	17. —	Cartilagines laryngis S. 737 (sicher der Schildknorpel, vielleicht auch die übrigen Kehlkopfknorpel)	—	—

Os occipitale (Tab. Nr. 1), Abb. 59, 127, 327c, 334–336, 370

Das **Hinterhauptbein, Os occipitale**, ist nur bei jugendlichen Individuen ein selbständiger Knochen. Vom 16.—18. Lebensjahr ab ist es mit dem **Keilbein, Sphenoidale**, zu einem einheitlichen Knochen verschmolzen, der **Os basilare** genannt wird. Auch beim jugendlichen Schädel hält eine feine Knorpelscheibe beide Knochen zusammen, **Synchondrosis sphenooccipitalis**. Sie ist ein Rest des Chondrokranium. Da beim mazerierten Schädel an ihrer Stelle eine feine Grenzspalte zu sehen ist, **Fissura sphenooccipitalis**, ist es üblich, das Okzipitale und Sphenoidale als besondere Knochen zu betrachten.

Das Okzipitale ist am Schädeldach und -boden beteiligt. An dem Knick, an welchem das zur Kalvaria gehörende **Planum occipitale** an das zur Basis gehörende **Planum nuchale** anstößt, liegt außen eine Erhabenheit des Knochens, **Protuberantia occipitalis externa**, die individuell sehr ver-

schieden groß sein kann und manchmal sogar zu einem abwärts gerichteten Knochenzapfen entwickelt ist. Bis hierhin reicht das Ligamentum nuchae. Das Planum nuchale und auch die Protuberanz an seinem oberen Rande stehen in innigster Beziehung zu den beiderseitigen Nackenmuskeln, deren Anheftungen bestimmte Felder im äußeren Knochenrelief bedingen (Abb. 59, 335, 370). Die Bedeutung dieses Teils des Knochens für das Gleichgewicht des Kopfes tritt

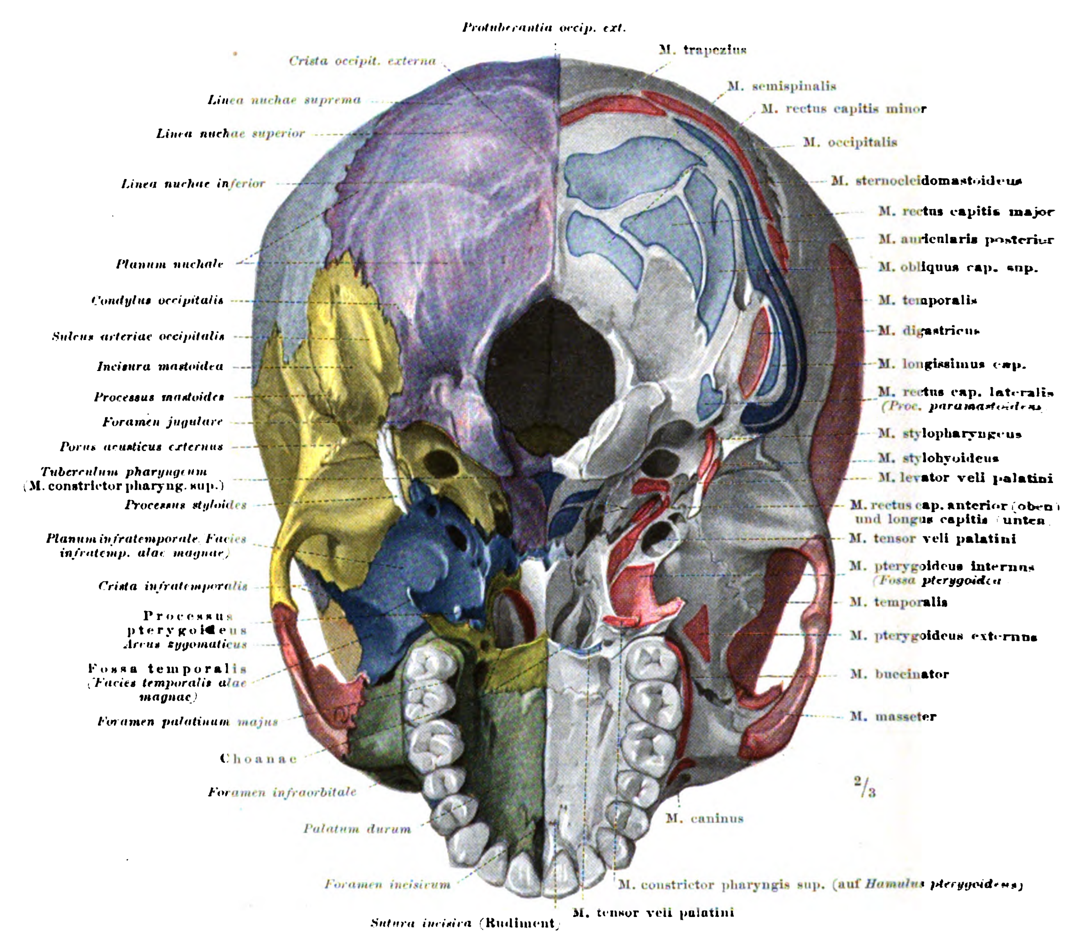


Abb. 335. **Schädelbasis von außen.** Linke Seite: Die einzelnen Knochen mit verschiedenen Farben bemalt (siehe Abb. 334 u. 352). Rechte Seite: die Muskelursprungsstellen rot, die Insertionsstellen blau angegeben (der Insertionsstreifen am Hinterkopf zwischen M. sternocleidomastoideus und M. obliquus cap. superior usw. gehört zum M. splenius, vgl. Abb. 370. Die kleine Ursprungsfläche an der Felsenbeinpyramide zwischen den Ursprüngen des M. levator und tensor veli palatini gehört zum M. tensor tympani).

darin besonders hervor. Man fühlt die Protuberantia occ. externa als wichtige Marke durch die Haut, zumal von hier ab abwärts das Planum nuchale von den weichen Muskelmassen bedeckt und dem tastenden Finger entzogen ist.

Die Haargrenze reicht weiter als die Protuberanz über die Nackenmuskeln hinab und schneidet etwa mit dem tiefsten Punkt des Schädelinnern ab; das Haarkleid schützt den Inhalt und deckt zuunterst das Kleinhirn.

Kongruenz des Außen- und Innenreliefs

Zwischen Außen- und Innenrelief des Okzipitale besteht beim menschlichen Schädel eine auffallende Kongruenz. Die Innenfläche steht in Beziehung zum

Gehirn, das beim Menschen mit seinem hinteren Pol besonders weit ausladet und in je zwei oberen und unteren Gruben des Knochens ruht, Fossae occipitales superiores s. cerebrales für die beiden Hinterhauptlappen des Großhirns und Fossae occip. inferiores s. cerebellares für die beiden Kleinhirnhemisphären. Die vier Gruben sind durch Knochenleisten, Cristae, gegeneinander abgeteilt, deren Kreuzungspunkt, Eminentia cruciata, an einer Stelle besonders stark vorspringt, Protuberantia occipitalis

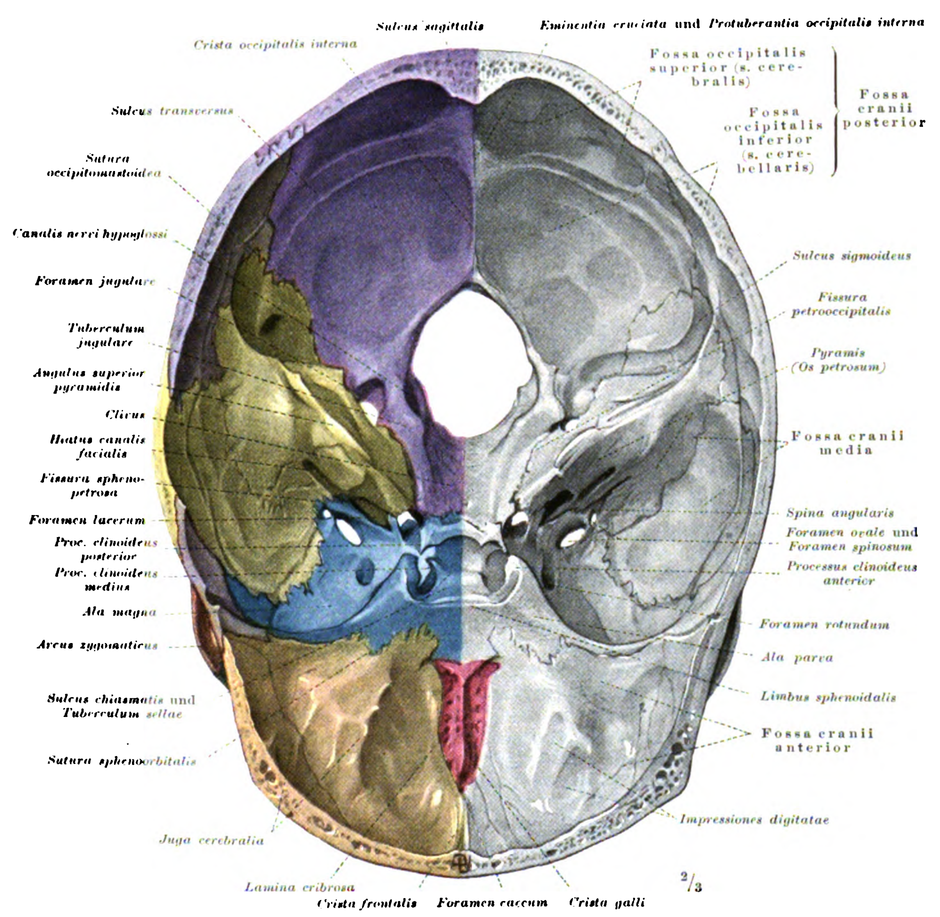


Abb. 336. Schädelbasis von innen. Die eine Seite mit schematischen Knochenfarben (vgl. Abb. 334).

interna. Sie entspricht der Protuberantia occipitalis externa des äußeren Reliefs, so daß von dieser am Lebenden fühlbaren Marke auch die Grenze zwischen Groß- und Kleinhirn bestimmt ist. Daraus folgt, daß das Planum occipitale der Außenfläche und die Fossae cerebrales der Innenfläche korrespondieren, ebenso das Planum nuchale und die Fossae cerebellares. Letztere können so tief eingebuchtet sein, daß das „Planum" nuchale eine Wölbung darstellt. Die Protuberantia occipitalis interna kann ausnahmsweise etwas höher stehen als die P. o. externa. Bei Australiern und besonders beim Neandertaler liegt sie immer tiefer als die letztere, bei Affen am tiefsten. Das äußere Relief hängt nur von den Muskelfeldern, das innere nur vom Gehirn

resp. von der harten Hirnhaut ab; die Übereinstimmung beim Menschen scheint nicht unmittelbar bedingt, sondern mittelbar durch die notwendigen allgemeinen Gleichgewichtsverhältnisse zwischen Vorder- und Hinterkopf beim aufrechten Gang erzeugt zu sein, ist also zufällig und deshalb nicht ganz konstant.

Die Nachbarknochen, Lambdanaht

Das Okzipitale grenzt vorn an das Keilbein (s. oben), seitlich ist es jederseits durch eine enge Spalte von der Pars petrosa des Schläfenbeins getrennt, Fissura petrooccipitalis, und nach der Kalvaria zu mit dem Warzenfortsatz des Schläfenbeins und mit dem Scheitelbein jederseits durch eine Naht verbunden, Sutura occipitomastoidea und Sutura lambdoidea (Abb. 59). Die Lambdanaht hat ihren Namen daher, daß die beiden Suturae lambdoideae wie die Schenkel des griechischen Buchstabens Λ zusammenstoßen; an diesem Punkt beginnt die Pfeilnaht, Sutura sagittalis. Die Suturae occipitomastoideae konvergieren umgekehrt wie die Lambdanaht nach der Schädelbasis zu. Beide stoßen in einem am weitesten lateralwärts ausladenden stumpfen Winkel zusammen, welcher an der hinteren Grenze zwischen Schläfen- und Scheitelbein liegt, Sutura parietomastoidea. Solange die drei Knochen hier nicht vollständig zusammenstoßen, besteht eine kommaförmige Lücke, Warzenfontanelle des Neugeborenen, während am Zusammenfluß der Lambda- und Pfeilnaht eine sehr regelmäßige dreieckige Lücke bleibt, Hinterhauptfontanelle (Abb. 362).

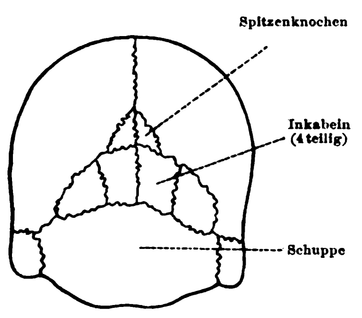


Abb. 337. Inkabein und Spitzenknochen (Abb. von Th. Mollison).

Ossifikation, Inkabein

Das jugendliche Okzipitale hat gewisse Ähnlichkeiten mit einem Jungwirbel. Es zerfällt in vier, beim Fötus durch Knorpelreste des Primordialkranium gegeneinander abgegrenzte Abschnitte: Pars basilaris, Partes laterales und Squama occipitalis. Die Namen sind auch für die betreffenden Abschnitte des ausgewachsenen Knochens üblich. Die Pars basilaris ähnelt dem Wirbelkörper; sie enthält wie dieser den Chordarest. Die Partes laterales entsprechen den Wirbelbogen und sind wie die Ossifikationszentren der letzteren vom Korpuskern durch eine Knorpelfuge geschieden. In die Knorpelfuge zwischen den beiden Partes laterales ist die Squama eingeschoben. Für diese hat der Wirbelknochen nichts Vergleichbares. Das Okzipitale entspricht auch nicht einem einzelnen Wirbel, sondern einem Komplex von solchen (S. 671). Man nennt die Knorpelfuge zwischen Pars basilaris und P. lateralis Synchondrosis intraoccipitalis anterior. Sie verschwindet erst im 6. Lebensjahr. Die Synchondrosis intraoccipitalis posterior liegt jederseits zwischen Seitenteil und Schuppenteil; sie verschwindet bereits im 1.—2. Lebensjahr (ausnahmsweise im 3. oder 4. Jahr).

Die frühen Ossifikationen lassen statt der genannten vier Teile sieben unterscheiden, da die Squama aus zwei Stücken entsteht (Ober- und Unterschuppe. S. 672), und jedes von diesen zwei Knochenkerne enthält. Die Grenzen dieser Verknöcherungen haben praktisches Interesse, da sie im Röntgenbild vom Unkundigen leicht mit Rissen im kindlichen oder — wenn sie persistieren — im erwachsenen Schädel verwechselt werden können. Das obere Stück ist der Belegknochen des Okzipitale (im wesentlichen oberhalb der späteren Sutura mendosa. Abb. 362). Die Ossifikationen in der Unterschuppe des Schädels sind die frühesten des Schädels überhaupt (55. Tag der Fötalperiode). Sie sind Ersatzknochen. Die Deckknochenkerne der Oberschuppe beginnen kurz darauf zu erscheinen (57. Tag). Die paarigen Kerne fließen sehr früh zusammen, wachsen aber nicht immer in einem Fluß bis zur Peripherie aus, so daß häufig weitere selbständige Ossifikationen hinzukommen. Zu diesen gehört das Inkabein (Abb. 337, vgl. auch S. 673). Fontanellenverknöcherungen in der Hinterhauptfontanelle treten viel später auf (Spitzenknochen, Os apicis) und bleiben manchmal zeitlebens als separate Knochen erhalten.

Die beim Os occipitale üblichen Fachausdrücke.

A. **Foramen occipitale magnum.** Verbindet den Rückgratkanal mit dem Schädel, enthält die Medulla oblongata, die obersten Wurzelfäserchen des 1. Rückenmarknervenpaares, die Nervi accessorii, Arteriae vertebrales mit Zweigen zum Rückenmark und mächtige Venengeflechte. Das Loch ist oval, seitlich durch die Gelenkhöcker eingeschnürt, oft mehr rhombisch, auch kreisrund. Der Flächeninhalt ist beim Europäer von allen Rassen am größten.

B. **Pars basilaris.**

1. Innenfläche (Abb. 336).

Klivus: die schräg von vorn nach hinten abfallende Fläche, auf welcher das verlängerte Mark und die Brücke des Gehirns ruhen; setzt sich auf das Keilbein bis zum Dorsum sellae fort (Abb. 336).

Sulcus petrosus inferior: feine Rinne auf jeder Seite des Klivus für einen venösen Blutleiter der Dura mater (Sinus petrosus inferior).

2. Außenfläche (Abb. 335).

Tuberculum pharyngeum: Ansatz der hinteren Rachenwand (Raphe des Pharynx). Zu beiden Seiten liegen Grübchen für den Ansatz des M. longus capitis und dahinter die Ansatzfelder für die Mm. recti capitis anteriores.

C. **Partes laterales.**

1. Innenfläche (Abb. 336).

Incisura jugularis: ein Ausschnitt des vorderen Randes, welcher innen mit einem entsprechenden Ausschnitt des Schläfenbeins das Foramen jugulare bildet. Medial rücken die Knochen näher aneinander zur Fissura petrooccipitalis. Als Varietät kommt innerhalb der Incisura jugularis am Okzipitale und am Temporale ein Processus intrajugularis vor (an beiden Knochen gleichzeitig oder an einem von beiden). Er entspricht der regelmäß gen bindegeweb:gen Unterteilung des Loches in einen Gefäß- und Nervenabschnitt. Die hintere laterale Pars venosa ist am größten; sie enthält die Vena jugularis interna. Die vordere mediale Pars nervina ist kleiner; sie enthält den Nervus glossopharyngeus (IX), vagus (X) und accessorius (XI), außerdem die kleine Vena petrosa inferior.

Processus jugularis: eine vorspringende dicke Knochenmasse zwischen Incisura jugularis und Margo mastoideus der Schuppe, welcher ebenso auf der Außenfläche zu sehen ist. Lufträume (Cellulae pneumaticae) können vom Mittelohr aus bis in ihn hineinreichen. Der Knochen ist hier anfänglich mit Knorpel überzogen und mit dem Schläfenbein wie durch ein Gelenk vereinigt, verwächst aber später durch straffes Bindegewebe mit letzterem (Ankylose).

Margo mastoideus: reicht vom Processus jugularis längs dem Seitenrand der Pars lateralis und der Squama occipitalis bis zum Beginn des Scheitelbeines (Fonticulus mastoideus, Warzenfontanelle des Neugeborenen).

Tuberculum jugulare: ein Knochenvorsprung vorn an der Grenze gegen die Pars basilaris zu; er dient als Stütze für das Kleinhirn.

Canalis nervi hypoglossi: die innere Öffnung liegt zwischen Tuberculum jugulare und Foramen occipitale magnum, die äußere nach vorn vom Condylus occipitalis. Der Kanal enthält den Nervus hypoglossus (XII) und feine Venenplexus. In einem Viertel der Fälle ist er durch eine Knochenbrücke zweigeteilt.

Sulcus sigmoideus: eine tiefe Grube innen vom Processus jugularis; in ihr liegt der größte Venenblutleiter der harten Hirnhaut (Sinus sigmoideus).

Canalis condyloideus: führt aus dem Sulcus sigmoideus nach außen und endet hinten vom Condylus occipitalis. Er ist ein venöses Emissarium Santorini und wie alle Emissarien unbeständig.

2. Außenfläche (Abb. 335).

Condylus occipitalis: der Gelenkhöcker für den Atlas; es gibt jederseits einen. Vorn ist er über das Niveau des Okzipitale erhöht, Processus condyloideus, hinter ihm sinkt das Niveau des Okzipitale zu einer Grube ein, welche er überragt, Fossa condyloidea. In diese Grube mündet der Canalis condyloideus (siehe oben). Die Längsachsen der Gelenkhöcker divergieren nach hinten zu, sie sind viermal so groß wie die Querachsen, in der Längs- und Querrichtung konvex. Asymmetrien beider Gelenkhöcker sind nichts Seltenes.

Processus paramastoideus: ein nicht regelmäßig vorkommender Höcker als Muskelfeld für den Rectus capitis lateralis; bei vielen Säugern konstant. Er kann gelenkig mit dem Querfortsatz des Atlas verbunden sein.

D. **Squama occipitalis**: die beiden Seitenränder mit vorspringendem stumpfen Winkel. Der Rand unterhalb des Winkels heißt Margo mastoideus, der Rand oberhalb Margo lambdoideus.

1. Innenfläche (Abb. 336).

Protuberantia occipitalis interna: sie ist der stärkste Vorsprung in der Mitte der Eminentia cruciata (siehe im Haupttext über die vier Gruben für das Groß- und Kleinhirn).

Sulcus transversus: eine Rinne für den größten venösen Blutleiter der Dura mater (Sinus transversus), welcher in die Crista transversa eingegraben ist. Der Sulkus geht jederseits von der Protuberantia occ. int. nach dem obersten Punkt des Margo mastoideus, tritt dort auf das Schläfenbein über und kehrt als Sulcus sigmoideus auf die Pars lateralis des Okzipitale zurück. Am Rand, Margo mastoideus, kann ein Loch für ein Emissarium Santorini liegen, Foramen mastoideum; häufiger liegt es innerhalb des Schläfenbeins, oder auf einer oder auf beiden Seiten existieren zwei Löcher (auch drei).

Sulcus sagittalis: Rinne für den Sinus sagittalis; er mündet in der Regel in den rechten Sulcus transversus, seltener gespalten in beide, am seltensten in den linken ein. Die Asymmetrie hängt damit zusammen, daß die Vena cava superior auf der rechten Körperseite liegt; das venöse Blut findet durch den rechten Sinus transversus den kürzesten Weg zum Herzen. Die Falx cerebri setzt am Sulcus sagittalis an, die Falx cerebelli an der Crista occipitalis interna, das Tentorium cerebelli an den Sulci transversi.

Crista occipitalis interna: sie zieht von der Protub. occip. int. zum Foramen occip. magnum und umfaßt dieses mit zwei Schenkeln. Sie ist die einzige unveränderte Krista. Beim prähistorischen Menschen von Krapina sind auch die übrigen Cristae ohne Sulci. Gelegentlich kommt statt der Crista interna eine Fossa occipitalis mediana vor, in welcher der Wurm des Kleinhirns liegt (2—5% bei Europäern; Verbrecherzeichen nach LOMBROSO).

2. Außenfläche (Abb. 335, 370).

Linea nuchae suprema: eine stark gekrümmte Bogenlinie, die beiderseits von der Protuberantia occipitalis externa nach außen läuft. Sie begrenzt nach oben zu das glatte, sichelförmige Ursprungsfeld des Trapezius.

Linea nuchae superior: eine weniger stark gekrümmte Linie, die mit der Crista occipitalis externa zusammenstößt (diese Stelle wird auch Tuberculum linearum genannt). Gewöhnlich ist die Protuberantia occipitalis externa so groß, daß sie die Vereinigungsstelle der Lineae nuchae superiores mit überdeckt. Letztere sind die Grenzlinien zwischen Planum occipitale und Planum nuchale (siehe oben). Der Trapezius entspringt zwischen der Linea nuchae suprema und L. nuchae superior. Dieses Feld springt bei niederen Menschenrassen (Australiern) und beim Neandertaler als Torus occipitalis vor. Die Linea suprema, L. superior und Protuberantia externa sind nur möglich, wenn der Torus, wie regelmäßig beim Europäerschädel, fehlt.

Linea nuchae inferior: sie begrenzt das Muskelfeld des M. semispinalis, das zwischen ihr und der Linea nuchae superior liegt, gegen die Muskelfelder der tiefen kurzen Rückenmuskeln. Manchmal läuft von der Linea nuchae inf. eine Grenzlinie zwischen das gemeinsame Muskelfeld der beiden Mm. recti und das des M. obliquus superior (letzteres manchmal erhöht als Processus retromastoideus).

Crista occipitalis externa: eine sagittale Knochenleiste von der Protuberantia ext. zum Foramen occip. magn.; Anheftungslinie für das Ligamentum nuchae, welches als Septum nuchale zwischen die Nackenmuskeln ihrer ganzen Dicke nach eingeschoben ist.

Keilbein, Os sphenoidale (Tab. S. 684, Nr. 2), Abb. 327, 334–336, 338, 339

Das Keil- oder Wespenbein, Os sphenoidale, liegt an dem Angel- oder Knickpunkt für die Umstellung des Hinterhaupts (Abb. 327c). Die Stelle ist identisch mit dem vorderen Rand des Klivus, welcher beiden Knochen gemeinsam ist. Die Neigung des Klivus zur Horizontalen (Klivus-

winkel)[1]) ist ein Maß für die Stärke der Umstellung des Hinterhaupts und beruht also letztlich auf der Größenzunahme des menschlichen Gehirns.

Unser Knochen heißt Keilbein (σφήν = Keil), weil der zentrale Teil, Corpus, nach dem Hinterhauptsloch zu durch den Klivus keilförmig zuge-

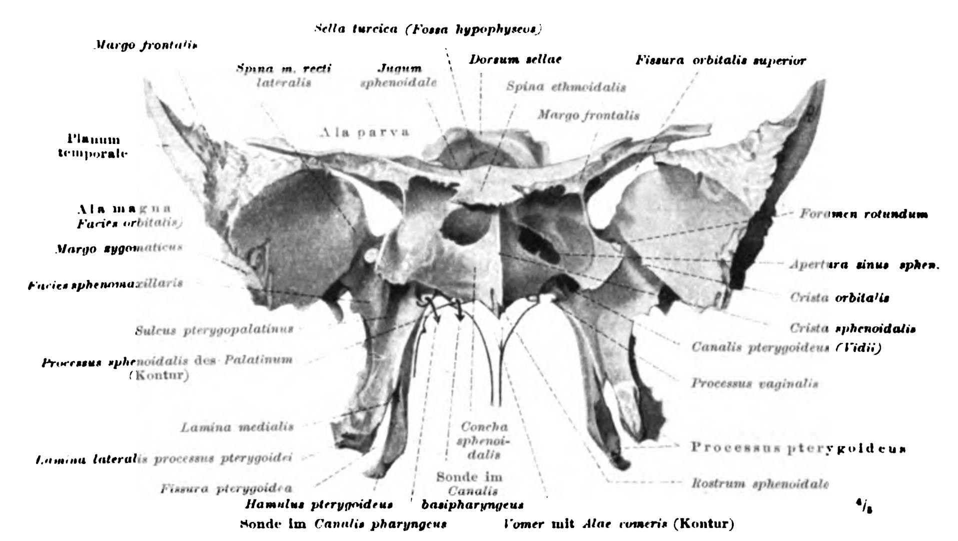


Abb. 338. Keilbein, Os sphenoidale, von vorn. Die oberste Partie des Vomer als Kontur hinzugezeichnet.

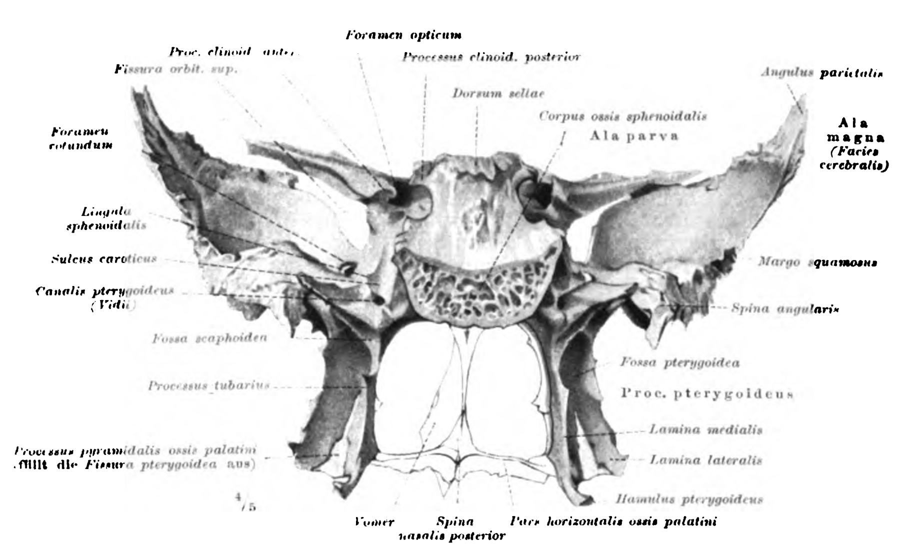


Abb. 339. Keilbein, Os sphenoidale, von hinten. Vomer und Os palatinum als Konturen hinzugezeichnet.

spitzt ist (Abb. 327c). Auch der Name Wespenbein beruht auf der Situation des Knochens im Zentrum der Schädelbasis. Vom Körper breiten sich Flügel

[1]) Als Horizontale des Schädels ist die Ohraugenebene festgelegt (Frankfurter Verständigung 1884), d. h. eine Ebene, welche durch die Mittelpunkte der oberen Ränder der äußeren Gehöröffnungen und durch die tiefsten Punkte der Unterränder der Orbitae geht. Die Ebene entspricht am besten der natürlichen ungezwungenen Kopfhaltung des aufrechtstehenden Menschen, wenn er geradeaus blickt.

aus wie bei einem Insekt (Abb. 338, 339), welche an die übrigen Knochen der Basis, ja des Hirnschädels überhaupt und selbst an eine große Anzahl von Gesichtsknochen heranreichen. Der Körper des Keilbeins hängt, wie wir sahen, mit dem Okzipitale knorplig oder knöchern zusammen, stößt vorn an das Ethmoidale und unten an den Vomer; die Flügel, Alae magnae und parvae grenzen direkt oder indirekt (durch die Fortsätze der großen Flügel, Processus pterygoidei) an das auch dem Körper angefügte Ethmoidale, ferner an das Zygomatikum, Frontale, Parietale, Temporale, Palatinum, an die Maxilla und manchmal an die Cartilago septi nasi (Processus sphenoidalis). Im ganzen werden 5 unpaare und 5 paarige Skeletteile des Schädels, Summa 15 Stück, erreicht. Daraus ergibt sich eine reiche Nomenklatur an Fachnamen für die Ränder und Flächen und andere Einzelheiten, welche hier tabellarisch folgen.

Die beim Sphenoidale üblichen Fachausdrücke.

A. Corpus, Keilbeinkörper (Abb. 339).

Der vordere Teil (Präsphenoid) gehört zur vorderen Schädelgrube, der hintere Teil (Basisphenoid) zur mittleren Schädelgrube (Abb. 336). Sie sind beim Fötus separate Knochenstücke, welche durch Knorpel vereinigt sind. Synchondrosis intersphenoidalis. Dieser Rest des Chondrokranium geht vor der Geburtsreife in Knochen über, die Synchondrosis sphenooccipitalis (S. 685) dagegen erst im 16. bis 18. Lebenjahr. Über Knochenkerne siehe: Ossifikation (Abschnitt E dieser Tabelle). Nur die Ober-, Vorder- und Unterfläche der sechs Würfelseiten des Korpus sind frei; alle übrigen sind von anderen Knochen eingenommen, welche beim Fötus knorplig mit dem Körper verbunden sind, aber beim erwachsenen Schädel eine einzige Knochenmasse mit ihm bilden.

1. Oberfläche (Abb. 338, 336). Von vorn nach hinten folgen aufeinander:

Spina ethmoidalis: Vorsprung des vorderen Randes, welcher in den Hinterrand der Siebplatte des Ethmoidale eingezapft ist; sehr variable Form, kann fehlen.

Jugum ethmoidale: horizontale Fläche in Fortsetzung der Siebplatte des Ethmoidale.

Limbus sphenoidalis: querverlaufende Kante zwischen Jugum ethmoidale und Sulcus chiasmatis, läuft seitlich in die Processus clinoidei anteriores der Alae parvae aus.

Sulcus chiasmatis: flache Quergrube zwischen den Foramina optica. Das Chiasma nervi optici (II. Gehirnnerv) liegt nicht in, sondern oberhalb der Grube.

Tuberculum sellae, Sattelknopf: ein nicht immer vorhandener stumpfer Höcker zwischen Sulcus chiasmatis und Fossa hypophyseos. Die ganze mittlere Gegend der Oberfläche des Korpus hat den Namen: Sella turcica wegen der Ähnlichkeit mit dem Reitsattel der Orientalen (Türkensattel), welcher sich vom deutschen Sattel durch hohe und spitz zulaufende Wülste vor und namentlich hinter dem Sitz des Reiters unterscheidet. Diesen entspricht das Tuberculum sellae vorn und das Dorsum sellae hinten, dem Sitz die Fossa hypophyseos.

Processus clinoideus medius: kleines variables Höckerchen an jeder Seite des Tuberculum sellae, kann fehlen.

Fossa hypophyseos: Grube, in welcher die Hypophyse (Gehirnanhang) liegt. Beim Fötus und Neugeborenen geht in ca. 10% der Fälle von der Tiefe der Grube ein Kanal aus, welcher die Außenfläche der Schädelbasis erreichen kann: Canalis craniopharyngeus. Durch ihn ist der pharyngeale Abschnitt der Hypophyse in den Schädel eingewandert. Beim Erwachsenen findet sich nur sehr selten ein Rest (ca. 0,25% der Fälle).

Dorsum sellae, Sattellehne: hohe Querleiste zwischen Fossa hypophyseos und Klivus.

Processus clinoideus posterior: Höckerchen jederseits am Dorsum sellae zur Befestigung der hinteren Schenkel des Tentorium cerebelli, kann mit der Ala magna zu einer Knochenscheide um die A. carotis int. verschmelzen.

Klivus: eine schräge Ebene zwischen Dorsum sellae und Foramen occipitale magnum (S. 689).

Sulcus caroticus: je eine längsverlaufende seichte Rinne zu beiden Seiten des Dorsum sellae, in welcher die Arteria carotis interna eingebettet ist.

Lingula sphenoidalis: ein Knochenblättchen, welches vom Außenrand des Sulcus aus die Karotis umfaßt (Abb. 339). Wenn es nicht mit dem Keilbein zusammenhängt, so geht es beim Mazerieren des Schädels verloren; es kann aber auch mit einem Knochenblättchen der medialen Karotiswand zu einem dünnen Knochenring um das Gefäß verschmelzen.

2. Vorder- und Unterfläche (Abb. 338, 335). Sie gehen gerundet ineinander über.

Sinus sphenoidalis: der Keilbeinkörper ist von vorn her durch Nebenhöhlen der Nase pneumatisiert (Abb. 327c, vgl. auch S. 679). Die Keilbeinhöhle besteht aus zwei Kammern, welche durch ein Septum getrennt sind. Dieses steht meist nicht median, so daß die beiden Kammern ungleich groß sind. Sie sind absolut gemessen sehr verschieden, bald nur erbsengroß, bald mehrere Zentimeter weit und reichen dann in das Hinterhauptbein hinein, sogar bis in die Nähe des Foramen occipitale magnum. Im letzteren Fall können die angrenzenden Vertiefungen der Schädelbasis in die Höhle hinein vorspringen (Fossa hypophyseos, Canalis opticus, Sulcus caroticus, Kanal für Nervus maxillaris, aus Vb, und Canalis pterygoideus Vidii). Die Nachbarschaft der großen Arteria carotis interna, der venösen Sinus und Zisternen führt dazu, daß bei Brüchen der Schädelbasis entweder Blut oder Gehirnflüssigkeit (Liquor cerebrospinalis) in den Sinus und durch dessen natürliche Öffnung in die Nase gelangt. Der Liquor kann vom Laien mit Nasensekret verwechselt werden. Für den Kundigen sind jedoch Blutungen aus Nase und Ohr (siehe Temporale) und Abfließen von Liquor aus der Nase nach einem Sturz auf den Kopf ernste Symptome einer Basisfraktur.

Concha sphenoidalis (Ossiculum Bertini): zur Zeit der Geburt entstehen dünne Knochenwände von zwei Siebbeinzellen und legen sich vor den Eingang der Keilbeinhöhle. Im 3. bis 8. Lebensjahr verwachsen sie mit der Vorderwand des Keilbeins und liegen jederseits wie eine Hohlhand vor jeder Siebbeinkammer, die Konkavität dieser zugewendet.

Apertura sinus sphenoidalis: jederseits eine runde bis ovale Öffnung, welche die Koncha freiläßt. Beim nicht mazerierten Schädel geht die Schleimhautauskleidung der Nase durch die beiden Löcher kontinuierlich in die Wandbekleidung der gesamten pneumatischen Räume des Keil- (und Hinterhaupt)beines über. Die Schleimhautöffnung ist rund oder spaltförmig; sie ist weit enger als das Loch im Skelett. Neben der Hauptöffnung der Schleimhaut kann eine zweite kleinere vorkommen. Von hier aus kann der Chirurg nach Wegklappen der Nase die Hypophyse erreichen und sie ohne Eröffnung der Gehirnkapsel exstirpieren (Erkrankungen der Hypophyse: Akromegalie, Bd. III).

Crista sphenoidalis: mediane Leiste auf der Vorder- und Unterseite des Korpus.

Rostrum sphenoidale: wie ein Schiffschnabel vorspringender Auslauf des vorigen; an Krista und Rostrum lehnt sich die Nasenscheidewand an (Abb. 353).

B. Ala parva (s. orbitalis), kleiner Keilbeinflügel (Abb. 339, 336, 338).

Die beiden kleinen Keilbeinflügel sitzen jederseits dem vorderen Teil des Korpus an (Präsphenoid).

Foramen opticum: ein rundes Loch, welches die Wurzel der Ala parva durchbohrt und in die Orbita führt (Abb. 354). Die Wurzel der Ala parva besteht wegen der Größe des Loches nur aus zwei schmalen Knochenpfeilern. Inhalt: Nervus opticus, Arteria ophthalmica.

Margo frontalis: Nahtfläche mit dem Stirnbein (Frontale).

Fissura orbitalis superior: eine breite Spalte zwischen Ala parva und Ala magna (vgl. Abb. 339 und 354). Der scharfe hintere Rand der Ala parva deckt die Fissur von oben; er springt zwischen vorderer und mittlerer Schädelgrube vor. Inhalt: Nervus ophthalmicus (Va), N. oculomotorius (III), N. trochlearis (IV), N. abducens (VI), Vena ophthalmica superior; der laterale Teil ist durch eine Membran geschlossen.

Processus clinoideus anterior: Vorsprung der Ala parva, welcher nach hinten gegen den Proc. clin. med. und post. zu gerichtet ist (Ansatz für den vorderen Schenkel des Tentorium cerebelli). Die Spitze ist nicht selten mit dem Proc. clin. med. zu einem knöchernen Kanal für die Arteria carotis interna verschmolzen. Dessen Fortsetzung siehe Proc. clin. post.

C. Ala magna (s. temporalis), großer Keilbeinflügel. Die beiden großen Keilbeinflügel sitzen jederseits am hinteren Teil des Korpus (Basisphenoid). Sie breiten sich wesentlich nach vorn aus und reichen mit den Spitzen sogar etwas weiter nach vorn als die kleinen Flügel.

1. Radix. Verbindungsglied mit dem Korpus (Abb. 335, 336).

Foramen rotundum: führt in die Flügelgaumengrube, geradlinige Fortsetzung von dort durch die Fissura orbitalis inferior in die Orbita (Abb. 354, 350). Inhalt: Nervus maxillaris (Vb).

Foramen ovale: nahe dem hinteren Rand der Radix, führt auf die Außenfläche der Schädelbasis. Inhalt: Nervus mandibularis (Vc).

Foramen spinosum: das kleinste der drei Löcher, hinter dem vorigen. Inhalt: Arteria meningea media, Nervus spinosus. Foramen ovale und F. spinosum können zusammenhängen (Hemmungsbildung S. 677). Medial neben dem Foramen ovale kann ein Emissarium sphenoidale vorkommen.

2. Margines (Abb. 338, 339). Die Ränder der Alae magnae findet man in der mittleren Schädelgrube, in der Augenhöhle und Schläfengrube. Sie bilden eine zackige Linie, wie der Kontur eines Fledermausflügels. Man kann sie zu einem oberen, vorderen und unteren Rand zusammenfassen.

Fissura orbitalis superior: der vordere Rand der Ala magna, siehe bei Ala parva (begrenzt sie von hinten).

Margo frontalis: rauhe dreieckige Fläche zur Befestigung des Stirnbeins. Sie liegt ungefähr in der gleichen Flucht mit der Grenze gegen die Fissura orbit. superior und wird mit jener zusammen als oberer Rand der Ala magna gerechnet.

Angulus parietalis: der äußerste Vorsprung des Oberrandes; er erreicht mit scharfer dünner Schneide das Scheitelbein (Parietale).

Margo zygomaticus: gezackter Rand, der vorn vom Margo frontalis senkrecht nach abwärts läuft, zur Verbindung mit dem Jochbein. Mit dem folgenden Abschnitt bildet er den vorderen Rand der Ala magna.

Crista orbitalis: schließt im abgerundeten Winkel an den Margo zygomaticus an; jener ist der äußere Abschnitt, die Crista orbitalis der innere Abschnitt des vorderen Randes.

Fissura orbitalis inferior: liegt zwischen Crista orbitalis einerseits und Maxilla (und Palatinum) andrerseits (Abb. 354). Sie verbindet die Orbita mit der Flügelgaumen- und Infratemporalgrube (Abb. 351). Inhalt: Nervus infraorbitalis (Vb), Vasa infraorbitalia.

Margo squamosus: konkav ausgeschnittener hinterer Rand der Ala magna, zackig, zur Verbindung mit der Schuppe des Schläfenbeins. Der hintere Rand ist in den Winkel zwischen Schläfenbeinschuppe und -pyramide eingeschoben. Der Margo squamosus biegt spitzwinklig in die vordere Begrenzung der Fissura sphenopetrosa um.

Fissura sphenopetrosa: feine Spalte (Abb. 336), die mit Faserknorpel ausgefüllt ist (Synchondrosis sphenopetrosa).

Foramen lacerum: Erweiterung der vorigen nach innen zu, ebenfalls zwischen Ala magna und Felsenbeinpyramide (Abb. 336). In den Faserknorpel (Fibrocartilago basalis) eingebettet liegen: Nervus petrosus profundus (Sympathikus), N. petrosus superficialis major (Fazialis).

Spina angularis: Dornartiger Vorsprung zwischen den beiden Abschnitten des hinteren Randes der Ala magna, welcher in den Angulus petrosquamosus des Schläfenbeins hineinpaßt (Abb. 336). Manchmal mit kleineren Nebenstacheln und -blättchen (Alae parvae Ingrassiae).

Foramen pterygospinosum (Civinini), Varietät: entsteht durch die Verknöcherung eines Bandes (Ligam. pterygospinosum, Abb. 371), welches von der Spina zur Lamina lateralis des Processus pterygoideus (siehe unten) geht. Bei den meisten Affen normal. Inhalt: die Nerven und Gefäße des M. pterygoideus internus. Ist das Band partiell verknöchert, so nennt man den Fortsatz am mazerierten Schädel: Processus pterygospinosus.

3. Fazies. Es gibt mehrere Flächen, von denen aber einige nur klein sind und zu den drei Hauptflächen der Ala magna selbst oder als Übergangsflächen zum Flügelfortsatz hineingerechnet werden.

Facies cerebralis: stützt den vorderen Pol des Schläfenlappens des Gehirns (mittlere Schädelgrube). Sie ist konkav, glatt, hat nur ein Jugum cerebrale außen vom Foramen rotundum.

Facies orbitalis: rhombische glatte Fläche, welche den größten Teil der lateralen Wand der Orbita bildet (Abb. 354). Fast konstant ist die Spina recti lateralis am inneren Winkel zur Befestigung des gleichnamigen Augenmuskels.

Facies temporalis: die Wand der Schläfengrube, biegt an der Crista infratemporalis in das Dach der Unterschläfengrube um (Facies infratemporalis, Abb. 335).

D. **Processus pterygoideus,** Flügelfortsatz des großen Keilbeinflügels. Die beiden Flügelfortsätze begrenzen wie zwei Türpfosten (Abb. 338, 339, 335) die hinteren Öffnungen der Nase nach dem Rachen zu (Choanen).

Facies sphenomaxillaris: kleines dreiseitiges Übergangsfeld vorn zwischen Ala magna und Processus pterygoideus; bildet die hintere Wand der Fissura sphenomaxillaris (Abb. 350). Gegen die Facies infratemporalis ist die Facies sph. max. abgegrenzt durch die Crista sphenomaxillaris.

Lamina lateralis: die äußere, schräg stehende Lamelle des Flügelfortsatzes: meist auffallend groß, manchmal nach unten zu stark verjüngt, so daß die Gesamtform dreieckig ist. Die Ausbildung hängt von der Entwicklung des M. pterygoideus internus ab. Außen Rauhigkeiten für den M. pterygoideus externus.

Lamina medialis: die innere sagittal stehende Lamelle des Flügelfortsatzes.

Processus vaginalis (ad vomerem): das dünne Knochenplättchen geht von der Lamina medialis aus und umschließt mit der Basis des Korpus den:

Canalis pharyngeus (Inhalt: feine Gefäße und Nerven). Der Proc. sphenoidalis des Gaumenbeins hilft den Kanal begrenzen.

Fossa scaphoidea: Grube auf der Hinterseite der Lamina medialis für den Ursprung des M. tensor veli palatini und für die Tuba auditiva Eustachii.

Processus tubarius: Vorsprung des hinteren Randes der Lamina medialis als oberer Stützpunkt für das Ende des Tubenknorpels.

Hamulus pterygoideus und Sulcus hamuli: ein lateralwärts ausladender Hackenfortsatz am untersten Ende der medialen Lamelle, um welchen sich die Sehne des M. tensor veli palatini herumschlingt.

Canalis pterygoideus Vidii (Canalis vidianus): ein Kanal, welcher an der Wurzel des Flügelfortsatzes die Lamina medialis und lateralis voneinander trennt, führt nach vorn in die Flügelgaumengrube (Abb. 350). Inhalt: Arteria vidiana, Nervus vidianus.

Fossa pterygoidea: Grube auf der Hinterseite des Flügelfortsatzes. Sie ist bei Neugeborenen noch winzig, wird gewöhnlich zwischen 8. und 14. Lebensjahr für den M. pterygoideus internus vertieft. Sie fehlt beim Europäer selten, bei niederen Rassen häufiger.

Fossa pterygopalatina, Flügelgaumengrube: auf der Außenseite des Flügelfortsatzes, zwischen ihm und dem Gaumenbein (Abb. 350).

Sulcus pterygopalatinus: führt von der Fossa gleichen Namens zwischen Flügelfortsatz und Gaumenbein hinab in die Mundhöhle, wird vom Oberkieferknochen zum Canalis pterygopalatinus abgeschlossen (Abb. 357). Inhalt: Nervi palatini, Arteria palatina descendens.

Fissura pterygoidea: dreieckiger Ausschnitt zwischen den unteren Enden der Lamina medialis und lateralis; ihn füllt der Processus pyramidalis des Gaumenbeins aus (Abb. 339).

Canaliculus sphenoidalis, Varietät: beginnt lateral von der Fossa scaphoidea und mündet mit einem medialen Teilast in den Canalis pterygoideus, mit einem lateralen Teilast zwischen Lingula und Foramen ovale. Inhalt: Nervi sphenoidales lateralis et medialis.

E. **Ossifikation**: beginnt im 2. Fötalmonat selbständig in der Ala magna, im 3. Monat folgen separate Kerne je im Vorder- und Hinterkörper und in den Alae parvae. Die Verschmelzung zwischen Ala parva und Vorderkörper geschieht im 6. bis 7. Fötalmonat, zwischen Vorder- und Hinterkörper kurz vor der Geburt (Knorpelreste bleiben ventral bis ins späte Kindesalter — 13. Lebensjahr — erhalten) und zwischen Ala magna und Hinterkörper während des 1. Lebensjahres. Der Flügelfortsatz ist zur Zeit der Geburt noch sehr kurz. Die laterale Lamelle verknöchert vom Kern der Ala magna aus; die mediale Lamelle erhält schon im 2. Fötalmonat (57. Tag) ihren separaten Kern (Deckknochen) und verschmilzt im 7. Fötalmonat mit der Ala magna. Über die Conchae sphenoidales siehe S. 693.



Schläfenbein, Os temporale (Tab. S. 684, Nr. 3), Abb. 328, 334–336, **340–345**, 346, 370

Das **Schläfenbein, Os temporale**, ist jederseits in den Zwischenraum zwischen dem großen Keilbeinflügel und dem Hinterhauptbein als Bestandteil der Schädelbasis (Abb. 336) eingefügt und steigt von hier seitlich zur Schläfe auf (Abb. 334); daher der lateinische Name, welcher an das frühzeitige Ergrauen der Kopfhaare an den Schläfen anknüpft (Fuga temporis). Man nennt den keilförmigen, zur Schädelbasis gehörigen Teil wegen seiner Form **Pyramis**. Der Schläfenteil heißt **Schläfenschuppe (Squama temporalis**, Abb. 340). Der dritte Abschnitt des Knochens springt äußerlich am stärksten vor, ist daher am Lebenden leicht wahrnehmbar und auch dem Laien bekannt: **Warzenfortsatz, Processus mastoides** (Abb. 96, 103). Der äußere Gehörgang, welcher in das Schläfenbein hineinführt, liegt so, daß von den drei Abschnitten des Schläfenbeins der Schuppenteil oberhalb, die Pyramide unterhalb und einwärts, der Warzenfortsatz hinter ihm zu suchen ist (Abb. 340).

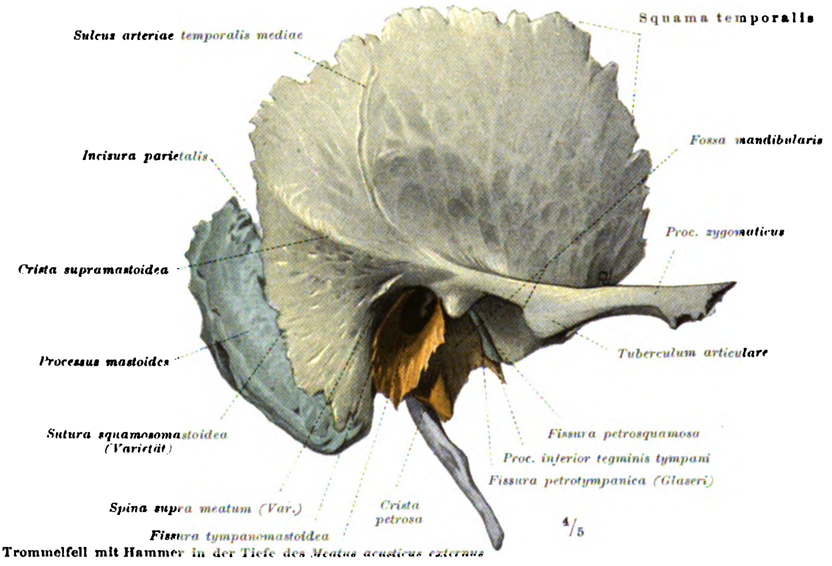


Abb. 340. Schläfenbein von außen (vgl. Abb. 334b). Statt der einheitlichen gelben Farbe für den ganzen Knochen sind in dieser und den folgenden Abbildungen mit besonderen schematischen Farben angegeben: Das Os petrosum grün, Os tympanicum orange (Proc. styloides und Hammer weiß, Squama hellgelb, wie bisher).

Aufbau der drei Abschnitte

Die genannten drei Abschnitte sind aus sehr verschiedenen Bausteinen hervorgegangen (Tabelle S. 684). Von dem ursprünglichen Primordialkranium ist nur der zur Schädelbasis gehörende Abschnitt übrig, also der dem Namen „Schläfen"bein am wenigsten entsprechende Teil. Die im Querschnitt viereckige Pyramide (Abb. 341) heißt, soweit sie vom Primordialkranium gebildet ist, **Pars petrosa** (grün). Der Name bezeichnet die Härte des fertigen Knochens, welcher das innere Ohr, die eigentlichen Apparate des Gehör- und Gleichgewichtsinnes, umschließt (Abb. 328). An einen Vorsprung der oberen Wand, **Tegmen tympani**, und an einen ebensolchen der unteren Wand, **Solum tympani**, sind zwei Deckknochen angeschmolzen, das **Tympanikum** und die **Squama** (orange und hellgelb, Abb. 341a). Dadurch ist vor die ursprünglich freie laterale Wand der Pars petrosa ein Raum vorgelagert worden, die **Paukenhöhle, Cavum tympani**, welche nach dem äußeren Gehörgang zu durch das Trommelfell abgeschlossen ist. Sie beherbergt die Gehörknöchelchen. Beim Erwachsenen sind die Grenzlinien zwischen dem Tympanikum und der

Pars petrosa an den meisten Stellen so verwischt, daß wir beide zusammen zur Pyramis rechnen; ebenso ist ein viszeraler Ersatzknochen, der Griffelfortsatz, Processus styloides, zu einem Bestandteil der Pyramide geworden. Dagegen ist der erst nach der Geburt entstehende Warzenfortsatz zwar genetisch größtenteils dem ursprünglichen Primordialkranium zuzurechnen und daher der Pars petrosa gleichwertig (Pars mastoidea, Tabelle S. 684); aber zur Zeit der Pubertät, wenn die dem reifen Zustand entsprechende Größe erreicht wird, ist eine Zutat der Schläfenbeinschuppe hinzugekommen (Abb. 340, hellgelb), die uns veranlaßt, den Processus mastoides als besonderen Abschnitt des Temporale zu rechnen. Die Squama verwächst am spätesten mit den beiden anderen Abschnitten und ist sogar ausnahmsweise zeitlebens von ihnen trennbar (Abb. 342).

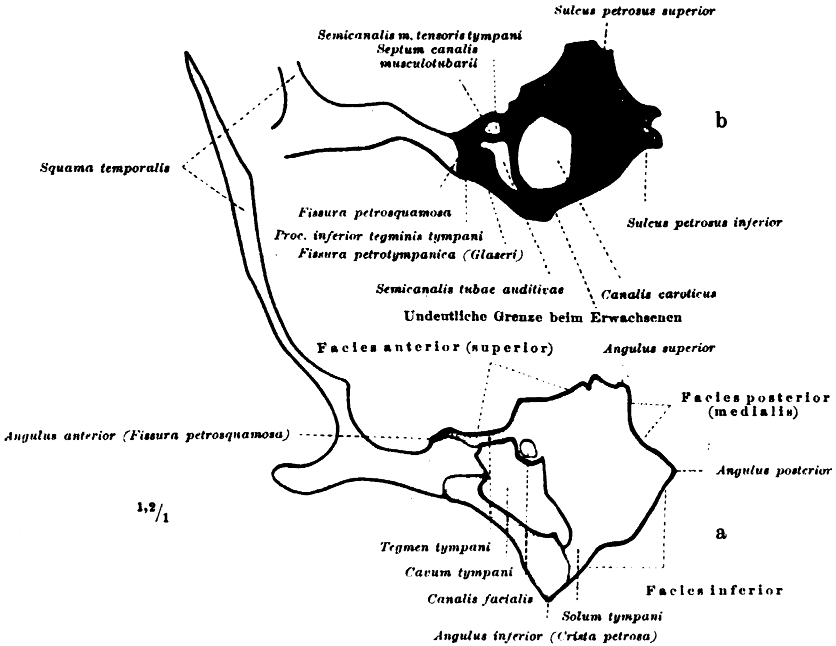


Abb. 341. Zwei Querschnitte durch die Felsenbeinpyramide. Sägeschnitt a durch die Paukenhöhle, b weiter innen durch die knöcherne Tuba Eustachii gelegt; schematische Farben wie in Abb. 340. Die vom Tympanikum gebildete Fläche der Pyramide heißt Facies lateralis.

Sie ist ein reiner Deckknochen. Da im Schläfenbein verschiedene, einst selbständige Skeletteile zu einem neuen Ganzen zusammengeschweißt sind, welches in sich nicht nur den ursprünglichen Inhalt der primordialen Ohrkapsel, das innere Ohr (Schnecke, Bogengänge usw.) enthält, sondern auch durch die späteren Zugänge das Mittelohr und einen Teil des äußeren Ohrs in sich aufgenommen hat (Abb. 328), so sind in ihm besonders viele Nerven und Gefäße enthalten, welche feine Kanäle oder Spalten als Zugänge zu den inneren Einschlüssen des Knochens benutzen müssen. Das Verständnis ist erst vom Studium der umschlossenen Weichteile möglich (Sinnesorgane, periphere Leitungsbahnen, Bd. III); daher ist in der rein beschreibenden Knochenlehre das Schläfenbein, besonders die Pyramide, mit Recht ein Schrecken des Anfängers gewesen. Hier wird zum Nachschlagen für den Sachkundigen eine Zusammenstellung der üblichen Fachwörter in Tabellenform genügen, welche weiter unten angefügt wird.

Statt der hier beibehaltenen Dreiteilung des Knochens ist vielfach eine Vierteilung üblich. Nach dem historischen Aufbau wäre es am konsequentesten, folgende vier Teile zu unterscheiden: Pars petrosa, squamosa, tympanica und hyalis (= Processus styloides). Der Processus mastoides wäre danach größtenteils ein Unterabschnitt der Pars petrosa, zum kleineren Teil der Pars squamosa. Die offizielle Nomenklatur (BNA) zählt auch vier Teile, rechnet aber dabei den Griffelfortsatz zur Pars petrosa und bezeichnet den Warzenfortsatz als besonderen Teil. Sie unterscheidet: Squama temporalis, Pars petrosa, P. mastoidea und P. tympanica. Bei beiden Einteilungen werden die Fachausdrücke Pars petrosa und Pyramis als Synonyme gebraucht. Ich halte die ältere Bezeichnungsweise für richtiger, welche keine Pars tympanica als besonderen Abschnitt kennt, denn diese ist ein wirklicher Baustein der Pyramide geworden. Gerade in dem Aufbau der Pyramide, speziell der Paukenhöhle, aus verschiedenen Stücken zu einer neuen Einheit liegt der Schlüssel für das Verständnis der ganzen Gegend. Doppelt innervierte Muskeln, welche aus verschiedenem Material zu einer Einheit zusammengeschmolzen sind, werden ebenfalls als Einheit mit einem Namen und nicht mit verschiedenen Namen nach den verschiedenen Herkünften bezeichnet. Pyramis ist nach der hier an-

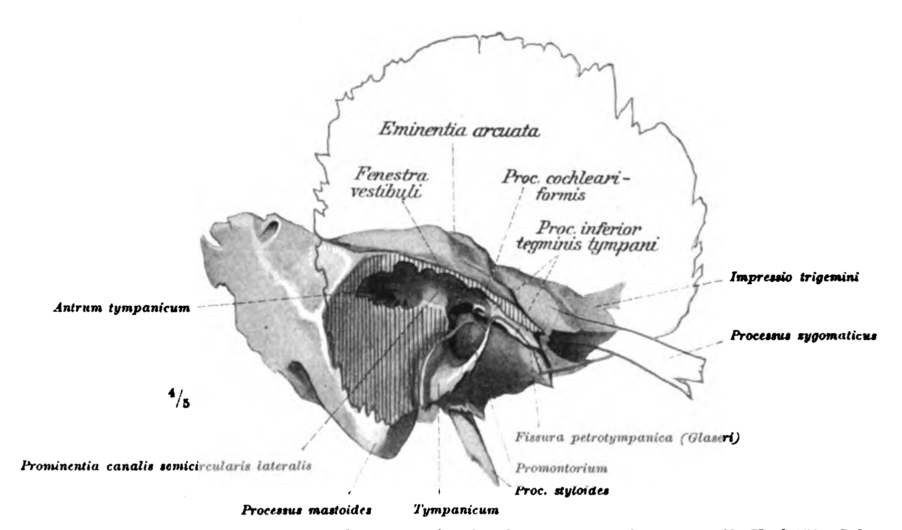


Abb. 342. Schläfenbein des Erwachsenen mit abnehmbarem Schuppenteil, Varietät. Schuppenteil nur als Kontur, rot. Der plastisch gezeichnete Knochen ohne die sonst gebrauchten schematischen Farben. Rote Schraffierung an den Verwachsungsstellen der Pyramide mit dem Schuppenteil.

gewendeten Nomenklatur nicht synonym mit Pars petrosa, sondern umfaßt die Pars petrosa, P. tympanica und P. hyalis der oben genannten Einteilungsweise.

Beziehung zu Gehirn, Muskeln und Kiefergelenk

In der Stellung der Schläfenbeinpyramiden spiegelt sich die Gesamtform des Kopfes und Schädels wieder, da sie auf der Grenze zwischen der mittleren Schädelgrube für den Schläfenlappen des Großhirns und der hinteren Schädelgrube für das Kleinhirn liegen und deshalb in hohem Maße von der Konfiguration des Gehirns abhängig sind. Die Längsachsen beider Pyramiden bilden einen Winkel miteinander, der bei langköpfigen Individuen im Mittel etwas kleiner ist als bei kurzköpfigen, aber nur bei einzelnen bis auf einen rechten Winkel oder tiefer sinkt (indiv. bis 75°). Auch die Schläfenschuppe wölbt sich verschieden je nach der Form des Gehirns. Beim Neugeborenen ist der obere Rand beinahe geradlinig (Abb. 362); er bleibt so bei manchen niederen Menschenrassen zeitlebens (Australier, Senoi). Beim erwachsenen Europäer ist der obere Rand der Schuppe am stärksten gekrümmt (Abb. 334). Kurzköpfige Individuen haben oft eine so steil aufgerichtete Schuppe, daß die größte Breite des Schädels auf den Abstand der beiderseitigen Temporalia fallen kann. Der Schläfenmuskel, der zum Kauen dient, nimmt mit seinem Ursprungsfeld diesen Teil

des Schädels ein (Abb. 370). Während im allgemeinen das Relief des Gehirns an der Außenfläche des Schädels nicht sichtbar ist, wird unter dem Schutz des großen Muskelfeldes am Planum temporale ein System von leichten Vorwölbungen erkennbar, von welchen die deutlichsten der untersten Stirnwindung und 2. Schläfenwindung entsprechen. Wird bei Tieren die Muskulatur operativ entfernt, so verdickt sich der Knochen. Der gestaltende Einfluß des Windungsreliefs des Gehirns auf die Knochenoberfläche ist also nur unter dem Schutz der Muskelwirkung möglich. Die Innenfläche des Knochens trägt zahlreiche Eindrücke und Vorragungen, Impressiones digitatae und Juga cerebralia, welche den Windungen und Furchen des Gehirns entsprechen (Abb. 343).

Eine besondere Bedeutung hat das Schläfenbein als Träger der Pfanne des Kiefergelenks. Durch die Einverleibung der Gehörknöchelchen in das Mittelohr ist ein neues Kiefergelenk entstanden (S. 680), welches vor dem Gehörgang liegt. Charakteristisch für dasselbe ist, daß das durch die Haut sicht- und fühlbare Köpfchen des Unterkiefers beim Öffnen des Mundes aus einer Vertiefung, Fossa articularis, auf einen Höcker tritt, Tuberculum articulare (Abb. 344). Man kann diesen Vorgang am Lebenden sehr gut kontrollieren, wenn man die Kuppe des kleinen Fingers in den äußeren Gehörgang steckt und mit ihr nach vorn zu das Köpfchen des Unterkiefers betastet. Das Gelenk ist ein transportables Gelenk. Dem ist die Gestaltung des Schuppenteils in den genannten Teilen besonders angepaßt.

Die Knorpel des äußeren Gehörganges und der Tuba auditiva (Abb. 328) sind höchstwahrscheinlich vom Primordialkranium aus entstanden. Sie werden bei den Eingeweiden (Pharynx, Tube, Bd. II) und Sinnesorganen (äußeres Ohr, Bd. III) beschrieben werden. **Knorpel**

Die beim Temporale üblichen Fachausdrücke.

A. Pyramis. Sie hat vier Flächen und vier Kanten. Zwei Flächen sind dem Schädelinneren zugewendet (zerebrale Flächen), zwei gehören zur Außenfläche des Schädels. Von letzteren liegt eine der Außenfläche der Schädelbasis an, die andere schaut nach der Ohrmuschel zu. Die Kanten sind die Winkel zwischen den vier genannten Flächen und ergeben sich aus ihnen (Abb. 341). Der Knochen ist in der Umgebung der Teile des inneren Ohres (Labyrinth) elfenbeinhart. Außerhalb dieser Umhüllung ist er weniger hart (beim Neugeborenen spongiös).

1. Facies posterior, s. medialis (Abb. 343). Sie ist die von jeher dem Gehirn zugekehrte Fläche, die erst durch die Vergrößerung des Schädels so schräg gestellt wurde, daß sie beim Menschen mehr nach hinten als nach innen schaut. Sie trägt noch die Eintrittsstellen der Gehirnnerven, welche das Temporale durchbohren, steht annähernd vertikal (Abb. 341) und gehört zur hinteren Schädelgrube.

   Porus acusticus internus: rundliche Öffnung etwa in der Mitte der Pyramide, näher der oberen als der hinteren Kante.

   Meatus acusticus internus: Fortsetzung des vorigen, mit blindem Ende. Gröbere und feinere Kanäle führen von hier aus weiter. Inhalt des Porus und Meatus: Nervus acusticus (VIII), Nervus facialis (VII), Arteria auditiva interna mit gleichnamiger Vene.

   Fossa subarcuata: oberhalb und etwas lateral vom Porus acusticus int., dicht unter der oberen Kante. Mitunter beim Erwachsenen nur schwach ausgeprägt, am kindlichen Schädel stets sehr groß und deutlich. Sie ist eine unvollständig ausgefüllte Grube unter dem knöchernen oberen Bogengang und enthält als solche einen Fortsatz der harten Hirnhaut (bei Raubtieren ein Läppchen des Kleinhirns, Katze). Sie ist an sich bedeutungslos; nur darf sie nicht mit der folgenden verwechselt werden.

   Apertura externa aquaeductus vestibuli: unterhalb und lateral von der Fossa subarcuata. Ein lateral und abwärts offener Schlitz. In ihr liegt der Ductus endolymphaticus, welcher dem flüssigen Inhalt des Labyrinths einen Ausweg nach außen und damit Druckschwankungen einen

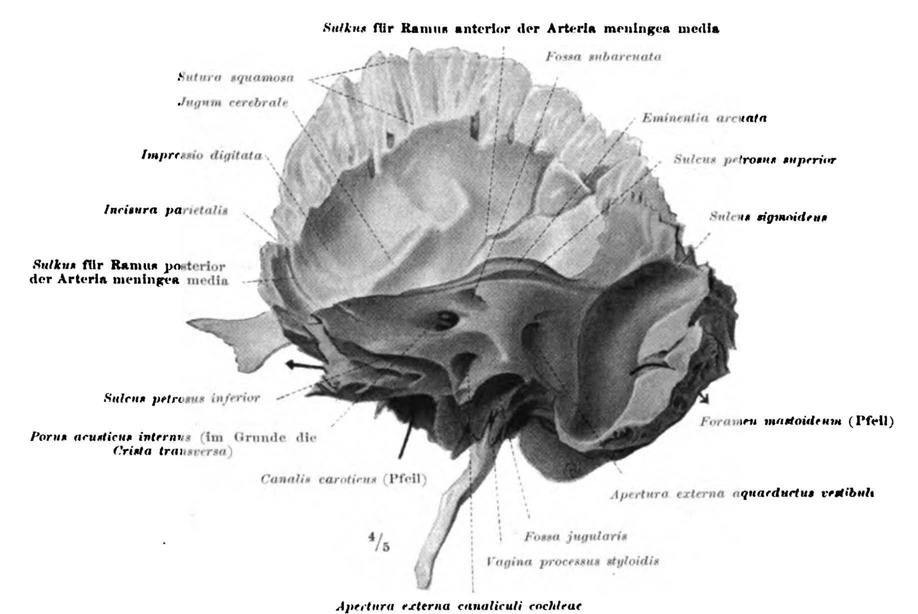


Abb. 343. Schläfenbein von innen hinten. Volle Aufsicht auf die Facies posterior s. medialis der Pyramide. Schematische Farben wie in Abb. 340.

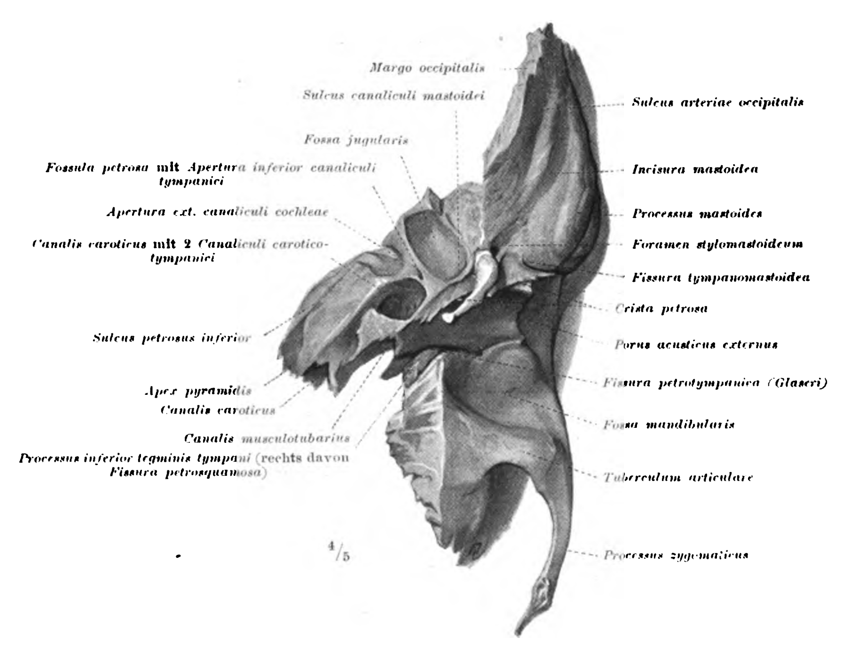


Abb. 344. Schläfenbein von unten, Facies inferior der Pyramide in voller Aufsicht (vgl. Abb. 335). Schematische Farben wie in Abb. 340, 343.

Ausgleich offen läßt. Der Duktus ist ursprünglich nach oben gerichtet. In der abwärts gerichteten Neigung des Knochenkanals kommt die sekundäre Umlegung der Gehörkapsel zum Ausdruck (S. 675). Der häutige Gang endet blind in einem Divertikel zwischen zwei Blättern der harten Hirnhaut. Neben ihm liegt die feine Vena aquaeductus vestibuli.

Sulcus petrosus inferior: seichte Furche längs des inneren vorderen Teiles der unteren Kante für den entsprechenden Blutleiter der harten Hirnhaut. Eine gleichnamige Furche des Okzipitale ergänzt ihn zu einer ausgesprochenen Rinne.

2. Angulus superior. Kante zwischen der hinteren und vorderen zerebralen Fläche, Ansatz für das Tentorium cerebelli (Abb. 336, 341a).

Sulcus petrosus superior: seichte, mitunter durch erhabene Ränder vertiefte Rinne für den gleichnamigen Blutleiter der harten Hirnhaut.

3. Facies anterior s. superior (Abb. 341a). Sie ist ursprünglich dem Gehirn abgewendet (nach außen) und erst nachträglich in das Schädelinnere einbezogen. Die austretenden feinen Nerven (N. petrosus superficialis major und minor) kommen dadurch in das Innere der Schädelhöhle zu liegen. Sie liegt namentlich im lateralen Teil fast horizontal, wird aber nach der Pyramidenspitze zu abschüssiger. Sie gehört zur mittleren Schädelgrube (Abb. 336).

Eminentia arcuata (Abb. 342, 343): unter ihr liegt der obere Bogengang des Labyrinths.

Hiatus canalis facialis (Fallopii): am Abhang der vorderen Fläche (Abb. 336). Austritt des Nervus petrosus superficialis major aus dem N. facialis.

Sulcus nervi petrosi superficialis majoris: feine Rinne für den vorgenannten Nerv, welche ihn vom Hiatus bis zum Foramen lacerum leitet (Abb. 336, nicht bezeichnet).

Sulcus nervi petrosi superficialis minoris: parallel dem vorigen, etwas mehr lateral (Abb. 336, linke Schädelseite, nicht bezeichnet).

Apertura superior canaliculi tympanici: lateral vom und vor dem Hiatus canalis facialis, am Beginn des Sulcus nervi petr. spf. minoris. Obere Öffnung des Knochenkanals für den Nervus petrosus superficialis minor aus dem Nervus tympanicus (daher der Name des Kanals). Der N. tympanicus gehört zum N. glossopharyngeus (IX). Das Nervenästchen aus ihm benutzt den vorgenannten Sulkus bis zum Foramen lacerum.

Tegmen tympani: eine dünne Knochenplatte zwischen Hiatus canalis facialis und Eminentia arcuata. Sie ist die Decke der Paukenhöhle, Cavum tympani, und schließt weiter innen den Canalis musculotubarius (siehe unten) nach dem Schädelinneren zu ab (Abb. 341). Eine schmale Leiste des Tegmen tympani biegt abwärts und legt sich zwischen Tympanicum und Squama wie die Fußspitze, welche in eine Türspalte geklemmt wird (Abb. 341b). Dadurch entstehen zwei Spalten, Fissura petrosquamosa und Fissura petrotympanica (Glaseri), von welchen die letztere besondere Bedeutung hat, weil sie in die Paukenhöhle hineinführt (siehe unten).

Impressio trigemini: flacher Eindruck nahe der Pyramidenspitze (Abb. 342) für das Ganglion semilunare (Gasseri) des Nervus trigeminus (V).

Apex pyramidis (Abb. 344): die Spitze schiebt sich im Foramen lacerum am weitesten zwischen Keilbein und Hinterhauptsbein ein (Abb. 336).

4. Angulus anterior. Die vordere zerebrale Fläche der Pyramide stößt in der Nähe des Apex an das Keilbein, weiter außen an die Schläfenschuppe. In den Winkel zwischen beiden springt die Spina angularis des Keilbeins vor (Abb. 336). Die einzelnen Abschnitte heißen:

Foramen lacerum: mit Faserknorpel gefüllte Spalte zwischen großem Keilbeinflügel und Felsenbein (Abb. 336). Im Faserknorpel, Fibrocartilago basalis, verlaufen: Nervus petrosus profundus und Nervus petrosus superficialis major. Die Arteria carotis interna liegt dicht oberhalb und innen vom Faserknorpel, die Tuba auditiva außen von ihm.

Fissura sphenopetrosa: schließt lateralwärts an das Foramen lacerum an, zwischen Spina angularis des Keilbeins und Pyramide des Schläfenbeins (Abb. 336), mit Faserknorpel gefüllt (deshalb auch Synchondrosis sphenopetrosa genannt). Durch den Faserknorpel geht der N. petrosus superficialis minor hindurch (Glossopharyngeus).

Fissura petrosquamosa: das Tegmen tympani stützt sich hier gegen die Schuppe (Abb. 340, 341). Die Spalte bleibt nach der Geburt lange bindegewebig verschlossen, verknöchert aber gewöhnlich mehr oder weniger.

Ohne Inhalt von Gefäßen oder Nerven (die nahe Fissura petrotympanica Glaseri ist dagegen ein sehr wichtiger Durchlaß für Gefäße und Nerven der Paukenhöhle, siehe diese, S. 703).

5. Angulus posterior: Kante zwischen der hinteren zerebralen und der äußeren unteren Fläche der Pyramide, grenzt an das Okzipitale und ist mit diesem faserknorplig vereinigt (Fissura bzw. Synchondrosis petrooccipitalis, Abb. 336). Darin bleibt die Incisura jugularis mit dem Processus intrajugularis ausgespart. Die entsprechenden Ausschnitte der Knochenränder der Pyramis und des Okzipitale (S. 689) ergänzen sich zum Foramen jugulare.

6. Facies inferior (Abb. 344, 335). Sie liegt auf der Unterfläche des Schädels und ist am reichsten gegliedert. Die medialste Zone ist rauh. An ihr sind derbes Bindegewebe und der Levator veli palatini befestigt.

Foramen stylomastoideum: liegt nach vorn von der Incisura mastoidea des Warzenfortsatzes. Öffnung des Canalis facialis Fallopii. Austritt des Nervus facialis (VII).

Processus styloides, Griffelfortsatz: unmittelbar nach vorn vom For. styl. mast. Bei Kindern immer knorplig, verwächst erst zur Zeit der Pubertät mit der Pyramide. Beim Erwachsenen knöchern, von sehr wechselnder Länge (mehrere Zentimeter lang oder ganz kurz, fehlt auch zuweilen). Eine Pars occulta des Griffelfortsatzes ist in die Hinterwand der Paukenhöhle eingemauert und bedingt gegen diese eine Vorwölbung: Prominentia styloidea der Paukenhöhle. Von der nach außen vorspringenden Pars libera des Griffelfortsatzes entspringen drei Muskeln (Abb. 370).

Vagina processus styloidis: eine Art Knochenscheide für den aus dem 2. Viszeralbogen stammenden Proc. styloides selbst (Abb. 343). Wird gebildet vom Petrosum (Solum tympani) und Tympanikum. Die Vagina umgibt auch die Pars occulta des Griffelfortsatzes im Innern der Pyramide. Ist der Griffelfortsatz knorplig mit der Pyramide verbunden und die Pars libera bei der Mazeration weggefallen, so sieht man in der Tiefe der Vagina die bereits knöcherne Pars occulta.

Fossa jugularis: rundliche oder ovale Grube innen vom Processus styloid., gegen den Angulus posterior hin. Kuppelförmiger Hohlraum für die Vena jugularis interna (Bulbus venae jugularis superior).

Sulcus canaliculi mastoidei: beginnt als Furche im Grunde der Fossa jugularis, enthält den Ramus auricularis n. vagi (X). Fortsetzung im Canaliculus mastoideus (siehe unter Nr. 9 dieser Tabelle).

Foramen caroticum externum: großes, fast kreisrundes Loch innen und vorn von der Fossa jugularis. Hier beginnt der

Canalis caroticus (Pfeil, Abb. 343): Kanal für die Arteria carotis interna und das sie begleitende sympathische Nervengeflecht. Das Foramen caroticum internum liegt an der Spitze der Pyramide.

Canaliculi caroticotympanici: zwei feine Kanälchen, welche aus dem Beginn des Canalis caroticus an der Unterfläche der Pyramide in die Paukenhöhle führen. Inhalt: die gleichnamigen sympathischen Nervenästchen.

Fossa petrosa: kleine, oft undeutliche Grube in der schmalen Zwischenwand zwischen Fossa jugularis und Canalis caroticus. Sie beherbergt das Ganglion petrosum des N. glossopharyngeus (IX).

Apertura inferior canaliculi tympanici: Öffnung des Canaliculus tympanicus im Grund der Fossula petrosa oder an der Stelle, wo diese Grube liegen sollte (Abb. 345). Eintritt des Nervus tympanicus, eines Astes des Glossopharyngeus (IX), welcher durch den genannten Kanal in die Paukenhöhle gelangt.

Apertura externa canaliculi cochleae: dreieckige trichterförmige Vertiefung in der Scheidewand zwischen Fossa jugularis und Canalis caroticus (Abb. 345) am Angulus posterior, noch von Gehirnhäuten (Meninx arachnoides) bedeckt. Hier endet der Canaliculus cochleae. Sein Inhalt ist der Aquaeductus cochleae und eine kleine Vene. Der Aquaeductus cochleae leitet die Perilymphe des inneren Ohres (Scala tympani der Schnecke) bis an den Subarachnoidealraum und endet hier blind. Er ist ein ebensolches Ventil für die Perilymphe wie der Aquaeductus vestibuli für die Endolymphe des Labyrinths.

7. Angulus inferior. Die untere äußere Fläche steht rechtwinklig zur lateralen äußeren Fläche. An der Umbiegungskante erhebt sich eine hohe



Knochenkante, welche dem Ende des Tympanikum entspricht, Crista petrosa (Abb. 341a, 344). Sie reicht nicht bis zur Spitze der Pyramide.

8. Facies lateralis. Sie liegt der Facies posterior s. medialis der Pyramide gegenüber und ist außen am Schädel als Teil der Fossa mandibularis sichtbar. Sie reicht von der Fissura petrosquamosa bis zur Crista petrosa (Abb. 340. 344); infolge der Schrägstellung der Pyramide blickt sie schräg nach vorn. Es folgen von medial nach lateral:

   Canalis musculotubarius (Abb. 328, 344): die äußere Mündung liegt auf der lateralen Fläche etwa in der gleichen Höhe wie die äußere Öffnung des Canalis caroticus; führt in die Paukenhöhle (Abb. 345).

   Septum canalis musculotubarii: eine von der Pars petrosa ausgehende Leiste, welche den Kanal in einen oberen und unteren Halbkanal trennt (Abb. 341b). Die Trennung ist meistens unvollständig.

   Semicanalis m. tensoris tympani: oberes Stockwerk des Canalis musculotubarius für den genannten Muskel, welcher durch den Kanal in die Paukenhöhle gelangt. Seine Sehne inseriert am Hammer (Trommelfellspanner).

   Semicanalis tubae auditivae: unteres größeres Stockwerk des Canalis musculotubarius für die Tube, den Verbindungskanal zwischen Pharynx und Mittelohr.

   Processus inferior tegminis tympani: nach unten gerichtete Leiste des Tegmen tympani, welche wie die Fußspitze zwischen die Tür so zwischen Squama und Tympanikum eingeklemmt ist (Abb. 341b). Die untere Kante ist auf der lateralen Fläche der Pyramide zwischen der Gelenkgrube für den Unterkiefer und dem Tympanikum sichtbar (Abb. 340, 344).

   Fissura petrotympanica, Glasersche Spalte: liegt zwischen dem vorigen und dem Tympanikum (Abb. 340—342, 344). Der lateinische Name bezieht sich auf die Zugehörigkeit des Tegmen tymp. zum Petrosum. Inhalt: Arteria tympanica aus der A. maxillaris interna, etwas weiter medial die Chorda tympani, ein Ast des N. facialis (VII).

   Fissura petrosquamosa: zwischen Proc. inf. tegm. tymp. und Squama (Abb. 340—342), äußere Ansicht der gleichen, mit Bindegewebe gefüllten Spalte, welche innen zum Angulus anterior gehört.

   Porus acusticus externus (Abb 344, 370): noch beim Neugeborenen von einer ringförmig gebogenen Spange, dem Anulus tympanicus, begrenzt, die aber bereits im 10. Fötalmonat mit der Squama verwächst. Durch Auswachsen bildet das Tympanikum die untere und laterale Wand des äußeren Gehörganges, welcher vom Porus ac. ext. zum Trommelfell führt.

   Incisura tympanica (Rivini): der obere Ausschnitt des Tympanikum, welchen die Sqama ausfüllt.

   Spina tympanica minor et major: hinterer und vorderer kleiner Knochenstachel an den Rändern des Tympanikum gegen die Incisura tympanica hin; beim jugendlichen Knochen deutlich, sonst verwischt.

   Fissura tympanomastoidea: mit Bindegewebe gefüllte Spalte zwischen Tympanikum und der dem Petrosum zugehörigen Partie des Warzenfortsatzes (Abb. 340, 344). In ihr liegt die Öffnung des Canaliculus mastoideus, aus dem der R. auricularis n. vagi heraustritt.

   Sulcus tympanicus: Rinne des Os tympanicum, in welche das Trommelfell eingelassen ist.

9. Kanäle und Hohlräume der Pyramide. Beim mazerierten Knochen sieht man vom äußeren knöchernen Gehörgang aus in den vom Tympanikum bedeckten tubotympanalen Innenraum des Knochens hinein. Er ist beim Lebenden durch das Trommelfell nach außen abgeschlossen, aber vom Pharynx aus zugänglich (durch die Tube, Abb. 328).

   Meatus acusticus externus, äußerer Gehörgang (Abb. 340): führt vom Porus externus bis zum Trommelfell (resp. zum Sulcus tympanicus, Abb. 341a).

   Cavum tympani, Paukenhöhle: die Form ist mit einer militärischen Trommel oder mit einer Kuchenschachtel zu vergleichen. Das Trommelfell ist die nach außen gewendete Fläche, entsprechend der Trommelfläche des genannten Instruments. Die gegenüberliegende Fläche ist das knöcherne Promontorium (Abb. 345). Beim mazerierten Schädel ist das Promontorium im Grunde des äußeren Gehörganges sichtbar (Abb. 342). Die schmalen Seitenwände des Cavum tympani sind nicht kreisrund wie bei einer Trommel, sondern ungefähr vierkantig (Abb. 341a). Die mediale

Fläche steht der von der Pars tympanica gebildeten lateralen Außenfläche der Pyramide parallel. Sie ist die ursprüngliche Außenfläche der Pars petrosa, ehe der tubotympanale Raum in den Schädel einbezogen wurde. In ihr verläuft der Canalis facialis. Die Seitenwände werden oben vom Tegmen tympani und unten vom Solum tympani, also an drei Seiten vom Petrosum gebildet, zu dem auch das Promontorium gehört. Das Tympanikum stellt nur die äußere Seitenwand des Cavum tympani. Das Tegmen tympani ist besonders dünn (Gefahr der Fortleitung von Entzündungen des Mittelohres auf das Gehirn). Viele andere Einzelheiten der Paukenhöhle werden erst bei den Sinnesorganen besprochen werden (Bd. III).

Fenestra vestibuli, Vorhoffenster: ovale Öffnung oberhalb des Promontorium (Abb. 345); in ihr steckt die Steigbügelplatte des Stapes, welche die Schallbewegung auf die Perilymphe des Labyrinths überträgt.

Fenestra cochleae, Schneckenfenster: dreieckige Öffnung unterhalb des Promontorium, beim nicht mazerierten Schädel mit dem zweiten Trommelfell geschlossen (Membrana tympani secundaria).

Promontorium: Gewölbte Fläche der Paukenhöhle (Abb. 345), dem Trommelfell gegenüber. Sie entspricht der unteren Windung der knöchernen Schnecke (siehe Labyrinthus osseus).

Sulci promontorii: eine feine Rinne verbindet den Canaliculus tympanicus inferior mit dem C. t. superior über das Promontorium hinweg (Abb. 345). Der Nervus tympanicus aus dem N. glossopharyngeus (IX) nimmt diesen Weg (siehe Apertura inferior et superior canaliculi tympanici (S. 701, 702). Die BNA nennen diese Rinne wegen ihres Inhaltes Sulcus tympanicus (der Name bereits oben für Rinne des Trommelfells vergeben). Außerdem Rinnen auf dem Promontorium als Fortsetzungen der Canaliculi caroticotympanici (S. 702) für Ästchen des Sympathikus.

Canalis musculotubarius: Fortsetzung des Cavum tympani nach dem Pharynx zu (deshalb beides zusammen tubotympanaler Raum genannt, siehe oben; außerdem über Unterteilung des Canalis musculotub. und seinen Inhalt S. 703).

Labyrinthus osseus, knöchernes Labyrinth: eine felsenharte Knochenschale um das häutige Labyrinth, welche die Form der drei Bogengänge, der Schnecke und des Vestibulum im Groben wiedergibt (über die Details siehe Sinnesorgane, Bd. III). In Abb. 328 ist der Innenraum des knöchernen Labyrinths in der richtigen Lage im Knochen sichtbar. Die knöcherne Schale ist in mehr lockeren Knochen eingebettet und kann nur künstlich aus diesem herausgemeißelt werden.

Canalis caroticus (Abb. 343, 345): für die Arteria carotis interna, die begleitenden Venen und sympathischen Nerven. Der Kanal ist am weitesten von allen; er beginnt auf der Unterfläche der Pyramide am Foramen caroticum externum, biegt innerhalb des Felsenbeins allmählich in fast rechtwinkligem Verlauf zur Anfangsstrecke um und mündet an der Pyramidenspitze. Das For. carot. int. ist häufig unvollständig begrenzt, so daß die Arterie auf eine große Strecke vom Knochen entblößt sein kann. Die Umbiegungsstelle liegt nahe der vorderen Wand der Paukenhöhle, die horizontale Strecke in nächster Nachbarschaft der Schnecke und parallel dem Canalis musculotubarius. Die Canaliculi caroticotympanici verbinden den Kanal mit der Paukenhöhle.

Meatus acusticus internus (Abb. 343): dringt an der Hinterseite der Pyramide vom Porus acusticus internus aus schief in den Knochen ein. Aus seinem Grund geht hervor:

Canalis facialis (Fallopii, Abb. 345): für den Nervus facialis (VII), der durch die ganze Länge des Kanals zieht. Gefäße treten von verschiedenen Seiten in ihn ein: Arteria stylomastoidea von unten, ein Ast der A. meningea media von oben (durch Hiatus), außerdem kleine Venen. Er ist der längste Felsenbeinkanal. Beginn in der Tiefe des Meatus acusticus internus, oberhalb der Crista transversa. Erste Strecke: von Hinterseite der Pyramide quer zu ihrer Achse bis an die Vorderseite. Hier Hiatus canalis facialis (Abb. 336, sog. äußeres „Knie" des Fazialis, Ganglion geniculi, Aus- und Eintritt von Nerven und Gefäßen). Zweite Strecke: vom Hiatus der Längsachse der Pyramide folgend bis zu dem allmählichen Übergang in die senkrechte Richtung. Die beiden ersten Strecken liegen in der gleichen Horizontalebene. Die zweite Strecke nähert sich oberhalb der Fenestra vestibuli der medialen Wand der Paukenhöhle (Abb. 341 a); manchmal fehlt die dünne, leicht verletzliche knöcherne Wand gegen die Paukenhöhle

hin (Abb. 345); es liegt dann der Nerv der Paukenschleimhaut unmittelbar an: Fazialislähmung bei Mittelohreiterung. Dritte Strecke: der senkrechte Verlauf bis zum Austritt am Foramen stylomastoideum (Abb. 344). Kurz vor dem Ende geht rückläufig aus dem Fazialiskanal der feine Canaliculus chordae tympani in die Paukenhöhle (die Chorda tympani erreicht auf diesem Weg die Paukenhöhle; sie verläßt sie in oder neben der Fissura petrotympanica Glaseri). — Die erste Strecke des Kanals ist die ursprünglichste. Die übrigen sind erst nachträglich in die Wand des Schädels aufgenommen worden.

Canaliculus tympanicus (Abb. 345): für den gleichnamigen Nerv (Ast des Glossopharyngeus). Beginn in Fossula petrosa (siehe Facies inferior). Untere Strecke bis Paukenhöhle, Fortsetzung durch einen Sulcus promontorii (siehe diese); obere Strecke führt aus Paukenhöhle durch deren obere Wand bis Apertura superior can. tymp. auf Vorderfläche der Pyramide.

Canaliculus mastoideus: für den R. auricularis des N. vagus (X). Beginnt in der Fossa jugularis (Abb. 344), kreuzt den Canalis facialis nahe von dessen Mündung und endet in der Fissura tympanomastoidea.

Aquaeductus vestibuli: für den Ductus endolymphaticus. Geht vom Vestibulum des knöchernen Labyrinths aus und mündet in Apertura externa aqu. vest. (Abb. 343).

Canaliculus cochleae: für Aquaeductus cochleae. Anfang in Scala tympani der Schnecke. Mündung in Apertura externa can. cochleae (Abb. 344).

B. Processus mastoides, Warzenfortsatz (Abb. 334, 335). Er ist nicht identisch mit der Pars mastoidea des Primordialkranium (vgl. S. 698). Der hintere Rand des Warzenfortsatzes liegt frei, durch die Haut fühlbar, der vordere Rand ist an das Tympanikum angeschlossen. Laterale Fläche konvex, mediale Fläche plan. An der lateralen Fläche sind befestigt: M. sternocleidomastoideus, M. splenius capitis, M. longissimus capitis (Abb. 370).

Cellulae mastoideae: pneumatische Räume im Innern des Knochens, ähnlich den pneumatischen Nebenräumen der Nase. Sie gehen von der Paukenhöhle aus (Antrum tympanicum, Abb. 345). Sehr wechselnd an Größe. Geringe Zahl oder Mangel rühren von Erkrankungen im Kindesalter her. Sie können durch die Außenlamelle des Knochens durchscheinen. Die kleineren sind nicht pneumatisch, sondern enthalten Knochenmark.

Incisura mastoidea: tiefer Einschnitt an der Innenseite des Warzenfortsatzes (Abb. 344), für Ursprung des M. digastricus (Abb. 335), teilt den Warzenfortsatz in zwei ungleich große Höcker; der innere meist sehr klein.

Sulcus arteriae occipitalis: seichte Furche innen von der vorigen, für die genannte Arterie (Abb. 335, 344).

Foramen mastoideum: dicht neben oder innerhalb des hinteren Randes (Abb. 343, Pfeil), für ein venöses Emissarium. Manchmal mehrere Foramina dieser Art. In seltenen Fällen ein großes Loch, welches das For. jugulare vertritt.

Sulcus sigmoideus: auf der Innenseite (zerebralen Fläche) des Proc. mast. (Abb. 343). Breite Rinne für den gleichnamigen Blutleiter der harten Hirnhaut (mit Emissarien, siehe voriges). Er kommt vom Okzipitale (Sinus transversus) und kehrt zu diesem im Bogen zurück (Foramen jugulare).

Sutura squamosomastoidea: Grenze zwischen Squama und Pars mastoidea des Primordialkranium (Abb. 340). Vom 2. Lebensjahr ab gewöhnlich obliteriert.

Fissura tympanomastoidea: Spalte zwischen Warzenfortsatz und Pars tympanica der Pyramide (Abb. 340). Mit Bindegewebe gefüllt. In ihr mündet der Canaliculus mastoideus (siehe oben).

Sutura occipitomastoidea: Naht zwischen Squama occipitalis und Pars mastoidea (Abb. 336).

Incisura parietalis: Einschnitt zwischen Squama temporalis und Pars mastoidea (Abb. 340), in welche der Angulus mastoideus des Scheitelbeins eingreift.

Sutura parietomastoidea: kurze Naht, in welcher Scheitelbein und Pars mastoidea zusammenstoßen (Abb. 334, nicht bezeichnet).

Crista supramastoidea (Abb. 340): setzt den Jochbogenrand in die Linea temporalis inferior fort (Abb. 370); durch die Haut hindurch fühlbar (bei Europäern in 10% der Fälle, bei niederen Rassen häufiger).

C. Squama temporalis, Schuppe. Eine Scheibe, welche mit dem oberen kreisförmigen Rand den Nachbarknochen aufliegt und sie von unten her deckt. Daher der Name. Die Innenfläche infolgedessen kleiner als die Außenfläche. Der untere Rand setzt den Kreis fort, hat aber einen tiefen Ausschnitt für den äußeren Gehörgang (Abb. 342).

1. Außenfläche.

Processus zygomaticus: erhebt sich von der Außenfläche der Schuppe vor dem äußeren Gehörgang, trifft in der schrägen Sutura zygmaticotemporalis mit dem Jochbein zusammen (Abb. 334) und bildet mit diesem zusammen die Jochbrücke, Arcus zygomaticus (Abb. 103). Oberrand annähernd geradlinig, durch Haut fühlbar und bei mageren Menschen regelmäßig während der Kaubewegungen und oft auch in der Ruhe sichtbar. Verlängerung nach hinten in Crista supramastoidea (siehe oben).

Tuberculum articulare: ein am Ursprung des Jochfortsatzes, nach abwärts schauender Höcker (Abb. 340, 344), hat die Form einer querstehenden Garnrolle. Auf ihn tritt das Unterkieferköpfchen beim Öffnen des Mundes.

Fossa mandibularis: Gelenkgrube für das Köpfchen des Unterkiefers bei geschlossenem Mund (Abb. 340, 344). Der überknorpelte Teil heißt Facies articularis. Der Jochfortsatz umschließt mit zwei Wurzeln die Grube. Die mediale Wurzel breitet sich zu einem dreieckigen, horizontal gestellten Feld auf der Unterfläche des Schädels aus, welche das Planum infratemporale des großen Keilbeinflügels fortsetzt (Abb. 335; weitere Details siehe S. 766).

Facies temporalis: sie bildet mit den angrenzenden Partien des Parietale, Frontale und großen Keilbeinflügels die Ursprungsfläche für den M. temporalis (Abb. 370). Die von den genannten Knochen zusammen gebildete Fläche heißt Planum temporale, ihre Vertiefung nach unten zu: Fossa temporalis (Abb. 335).

Sulcus arteriae temporalis mediae: beginnt oberhalb des äußeren Gehörganges und steigt auf der Facies temporalis in die Höhe (Abb. 340).

Meatus auditorius externus: die Schuppe bildet das Dach des knöchernen Gehörganges (die übrige Wand vom Tympanikum, Abb. 340).

Spina supra meatum: kleiner Knochenstachel, der häufig, aber nicht immer oberhalb der äußeren Öffnung des knöchernen Gehörgangs sitzt und nach dieser zu gekrümmt ist (Abb. 340).

Os epiptericum: Schaltknochen in der Fontanelle vor dem Scheitelbein (Abb. 362 b), der später mit Squama verschmilzt. Diese erreicht dann das Frontale. Gewöhnlich ist jedoch die Schuppe vom Stirnbein durch den zwischen beiden eingeschobenen großen Keilbeinflügel getrennt (Abb. 334). Die Squama kann durch eigenes Wachstum bis zum Frontale vordringen, oder umgekehrt, das Frontale bis zur Squama (Hypoplasie der Ala magna, bei künstlicher Schädeldeformierung).

2. Innenfläche.

Facies cerebralis: Seitenwand der mittleren Schädelgrube, mit Juga cerebralia, Impressiones digitatae und Sulci der Arteria meningea media nebst Ästen und Begleitvenen (Abb. 343). Der Gelenkgrube entspricht bei dünnwandigen Schädeln auf der Innenfläche eine Vorwölbung, Eminentia mandibularis; bei primitiven Schädeln ist die Grube flach, der Schädel dickwandig und deshalb keine Eminentia vorhanden (z. B. Neandertaler).

Facies tympanica: an der oberen äußeren Ecke der Seitenwand der Paukenhöhle beteiligt (Abb. 341 a).

3. Ränder.

Sutura squamosa, Schuppennaht (Abb. 343): Grenze gegen das Scheitelbein (Abb. 334). Sie endet hinten in der Incisura parietalis (Abb. 340).

Sutura sphenosquamosa: Grenze zwischen dem großen Keilbeinflügel und der Schläfenschuppe. Im oberen Teil der Naht überragt die Schuppe den Keilbeinflügel, im unteren Teil (Facies infratemporalis) überragt umgekehrt der Keilbeinflügel die Schuppe.

Fissura petrosquamosa: zwischen Processus inferior tegminis (Abb. 335, nicht bezeichnet) und Schuppe (Abb. 341 b, 340, 344); hinter der Facies articularis äußerlich sichtbar, innen meistens verknöchert.

D. Ossifikation. Die Zahl der Knochenkerne ist beträchtlich (10 und mehr). Die Schuppe verknöchert beim Menschen von einem Zentrum aus (nach anderen aus drei Zentren) in der 10. bis 11. Fötalwoche, ebenso das Tympanikum (nach anderen aus mehreren Zentren) zu Anfang des 3. Fötalmonats. Beide Knochen

sind Belegknochen. Sie sind vom 10. Fötalmonat ab in der Regel knöchern verwachsen, zur Zeit der Geburt stellenweise noch leicht trennbar. Der Felsenwarzenteil verknöchert im 5. bis 6. Fötalmonat von sechs kleinen Knochenkernen aus. Er ist zur Zeit der Geburt von dem Schuppenpaukenteil noch völlig getrennt; beide Teile verwachsen bis zum Ende des 1. Lebensjahres, doch bleibt außen am Schädel die Fissura petrosquamosa gewöhnlich zeitlebens unverknöchert. Das Tympanikum hat bei Kindern noch eine konstante Ossifikationslücke, die gewöhnlich bis zum 5. Lebensjahre zuwächst, zuweilen aber beim Erwachsenen persistiert (Abb. 346); Gefahr bei Entzündungen, Fortleitung des Eiters vom Gehörgang in die Kieferpfanne und umgekehrt. Der Griffelfortsatz verknöchert nach der Geburt (oft von verschiedenen Zentren aus), ist bis in mittlere Lebensjahre knorplig mit der Pars occulta im Innern der Pyramide verbunden, dann knöchern verwachsen. Der Griffelfortsatz fehlt deshalb bei mazerierten jugendlichen Schädeln gewöhnlich. Die Pars occulta verknöchert bereits am Ende der Fötalzeit von einem besonderen Kern aus.

Das Scheitelbein, Os parietale, ein viereckiger, schalenförmig gebogener Knochen, ist beiderseits der Mittellinie des Schädeldaches zwischen Stirn- und Hinterhauptbein eingeschoben (Abb. 334b). Es ist ganz wesentlich

Scheitelbein, Os parietale (Tab. S. 684, Nr. 4), Abb. **334**; 370

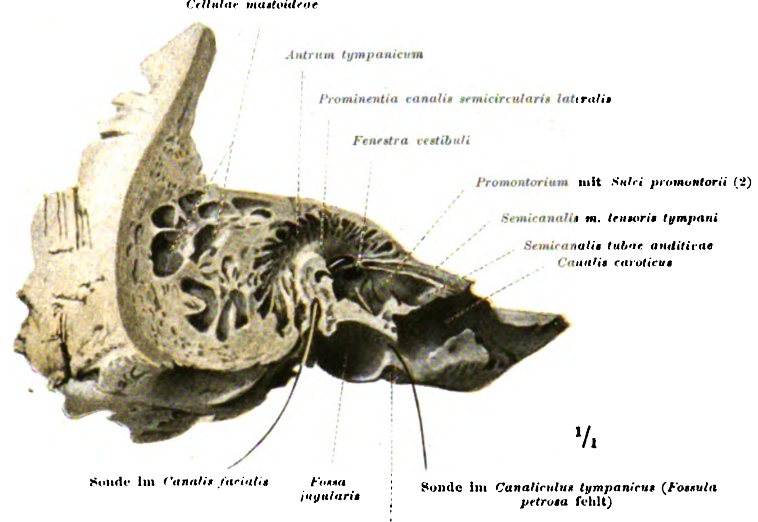


Abb. 345. Längsschnitt durch die Pyramide, in der Richtung des Canalis caroticus. Der Canalis facialis ist gegen die Paukenhöhle zu eine Strecke weit offen geblieben (Dehiszenz; Varietät).

durch die Vergrößerung des Schädelbinnenraums (Gehirnvolum) betroffen: beim Menschen ist es im Vergleich zur Länge der Schädelbasis beträchtlich länger als beim Affenschädel, bei letzterem doppelt so lang wie beim Hundeschädel. Die Beanspruchung des Knochens durch den von innen wirkenden Druck des Gehirns und der Gehirnflüssigkeit kommt in dem strahligen Gefüge der Knochenbälkchen am kindlichen Schädel mit dem zentralen Verstärkungsbuckel, dem Scheitelhöcker, Tuber parietale, zum Ausdruck (Abb. 362). Doch dürften die trajektoriellen Strukturen beim Embryo weniger unmittelbar durch die Spannung bedingt, als vielmehr erblich fixiert und mittelbar durch die Anordnung der Blutgefäße vorgeschrieben sein (S. 56). Später wird der Scheitelhöcker beim Kinde mehr oder weniger einnivelliert, je nach der Dicke, welche die seitlich von ihm liegenden Schädelpartien bei ihrem Wachstum erreichen. In der Ansicht von hinten ist die stärkste Ausladung des Konturs oft an dieser Stelle gelegen (Abb. 59). Der Schädel kann daher in dieser Ansicht

einen ausgeprägt fünfeckigen Kontur haben. Die Spitze des Fünfecks liegt in der Pfeilnaht zwischen den beiden Scheitelbeinen, die oberen beiden Ecken in den Scheitelhöckern und die unteren beiden Ecken zu beiden Seiten der Schädelbasis (Lophokephalie). Bei Rundköpfen pflegt die größte Breite des Schädels dagegen von den Scheitelhöckern weiter abwärts zu rücken; sie kann sogar dem größten Abstand der beiden Schläfenbeinschuppen entsprechen.



Abb. 346. Kindliches Schläfenbein, vgl. Abb. 344.

Das Parietale gehört fast ausschließlich der Kalvaria an, nur der untere Rand greift auf das Planum temporale über und empfängt hier durch die Beziehungen zum großen Kaumuskel ein besonderes Relief (Lineae temporales, Abb. 370). Auf der Innenseite sind oft Gefäßfurchen, Zotten der weichen Gehirnhäute (Meninx arachnoides) und Gehirnwindungen in die Substanz der Scheitelbeine so tief eingedrückt, daß die Kalvaria, gegen das Licht gehalten, stellen- und streckenweise durchscheinend sein kann. Ein Loch im hinteren oberen Quadranten, jederseits neben der Pfeilnaht, dient als Emissarium für das venöse Blut, Foramen parietale. Es ist ein Rest einer Fontanelle, welche im Zusammenhang mit der hinteren Fontanelle steht (Abb. 362), und erst im 7. Lebensmonat völlig von ihr abgeschnürt wird (Fonticulus obelicus). Sie besteht noch bei über 4% aller Neugeborenen.

Die beim Parietale üblichen Fachausdrücke.

A. Margines et Suturae (Abb. 334).

Margo sagittalis: oberer Rand des Parietale, gegen das Scheitelbein der anderen Seite zu.

Sutura sagittalis, Pfeilnaht: gezahnte Naht zwischen den beiden Scheitelbeinen läuft nach hinten in die Sutura lambdoidea aus (Abb. 59).

Margo frontalis: vorderer Rand gegen das Stirnbein zu.

Sutura coronalis, Kranznaht: zwischen den Scheitelbeinen und dem Stirnbein, gezahnte Naht, im Bereich des Planum temporale fast gradlinig. Sie läuft vom Scheitel aus beiderseits etwas schräg nach vorn (nach vorn zu offener Winkel).

Margo occipitalis: hinterer Rand, gegen das Hinterhauptbein zu.

Sutura lambdoidea, Lambdanaht: zwischen beiden Scheitelbeinen und der Hinterhauptschuppe, gezahnte Naht (Abb. 59).

Margo squamosus: unterer Rand, gegen das Schläfenbein zu.

Sutura squamosa, Schuppennaht: zwischen Scheitelbein und Schläfenbeinschuppe. Mit schräg zugeschärfter Schneide legt sich das Scheitelbein dachziegelförmig unter die Schuppe.

B. Anguli (Abb. 334).

Angulus frontalis: oberer vorderer Winkel (ca. 106°; die Kranznaht ist am Scheitel je nach der Größe der unteren seitlichen Partie des Frontale in verschieden hohem Grade in nach vorn offenem Winkel geknickt).

Angulus temporalis: oberer hinterer Winkel.

Angulus sphenoidalis: unter vorderer Winkel, stößt an den großen Keilbeinflügel (Os epiptericum, S. 706).

Angulus mastoideus: unterer hinterer Winkel, fügt sich in die Incisura parietalis des Schläfenbeins ein (zwischen Pars squamosa und Pars mastoidea).

C. Facies superficialis, konvexe Außenfläche (Abb. 370):

Tuber parietale, Scheitelhöcker: siehe S. 707, beim Lebenden fühlbar und bei Kahlköpfen sichtbar.

Linea temporalis inferior: obere Grenze des Muskelfeldes für den M. temporalis. Fortsetzung nach hinten unten in die Crista supramastoidea des Schläfenbeins und nach vorn auf das Stirnbein. Die Kranznaht setzt dem

in die Höhe wachsenden M. temporalis manchmal eine Grenze; dann ist die Linea temp. inf. des Erwachsenen an ihr stufenförmig geknickt (Abb. 370).

Linea temporalis superior: Anheftungslinie der Faszie des Muskels. Die beiden Linien nur angedeutet oder leisten- bis wulstartige Erhabenheiten. Zwischen ihnen ein sichelförmiges, besonders glattes Knochenfeld, an welchem das Periost besonders fest haftet (zirkummuskuläre Zone). Die Linea t. sup. begrenzt das Planum temporale nach oben. Letzteres ist beim Greisenschädel verdünnt, eingesunken; seine obere Abgrenzung daher oft sehr deutlich.

D. **Facies cerebralis,** konkave Innenfläche (Abb. 336).

Sulcus sagittalis: Furche für den gleichnamigen Blutleiter der harten Hirnhaut, welche in beide Scheitelbeine eingegraben ist (innen von der Pfeilnaht).

Foramen parietale: 2—3 cm von der Spitze der Lambdanaht entfernt, neben der Pfeilnaht (Abb. 362a): Emissarium für den Sinus sagittalis. In beiden Parietalia kann je eines oder häufiger nur ein Foramen im ganzen oder gar keines vorhanden sein. Das unpaare Loch kann innerhalb der Pfeilnaht liegen. Gewöhnliche Weite 3—5 mm, doch kommen punktförmige Löcher und weite Öffnungen vor (bis 36 mm Durchmesser). Im letzteren Fall meist spaltförmig, quer zur Pfeilnaht gestellt. Über Fonticulus obelicus siehe S. 708. Die Pfeilnaht ist in der Gegend der Foramina parietalia sehr viel weniger geschlängelt als sonst.

Sulcus transversus: er greift gewöhnlich mit seiner rechtwinkligen Umbiegung in den Sinus sigmoideus auf den Angulus mastoideus des Scheitelbeins über.

Sulci meningei: Furchen für die Arteria meningea media und häufiger für gleichnamige Venen (eine entlang dem vorderen Rand, die anderen verzweigt schräg von unten vorn nach hinten oben). Ausgangspunkt der Arterien ist das Foramen spinosum des Keilbeins (Eintritt der A. meningea media in den Schädel; dieses Loch ist meist kleiner als der Durchmesser der Sulci des Scheitelbeins).

Foveolae granulares (Pacchioni): kleine Grübchen für die Arachnoidealzotten selbst und größere Gruben für parasinuale Zottenlakunen (Trolard-sche Gruben), beide hauptsächlich im oberen Teil des Knochens. Da die Stärke des Abflusses der Gehirnflüssigkeit in die Blutleiter von der Größe des Gehirns bedingt ist, so stehen beim Menschen die zahlreichen, oft tiefen Eindrücke im Knochen in Korrelation zu dem Gehirnvolum.

Impressiones digitatae und Juga cerebralia: Abdrücke der Gehirnwindungen und -furchen. Crista Sylvii entspricht dem Ramus posterior der Fissura Sylvii des Gehirns.

Fossa parietalis: eine seichte Grube, welche innen dem Tuber parietale entspricht. Der Scheitelhöcker ist keine Verdickung, sondern eine Ausbeulung wie ein Schildbuckel (oder -nabel).

E. **Ossifikation** (Abb. 362).

Den fünf Knickpunkten im Schädel (einer in der Hinterhauptschuppe, zwei in den Scheitelbeinen und zwei im Stirnbein) entsprechen die ersten Knochenkerne (55. bis 57. Tag im Okzipitale, 56. Tag im Frontale, kurz darauf im Parietale, 3. Fötalmonat). Sobald an diesen gefährdeten Punkten Knochensubstanz entstand, konnte in der Urgeschichte des Schädels der Schwellenwert seiner inneren Spannung überschritten werden, welchen das Bindegewebe nicht auszuhalten vermag. Im Ossifikationszentrum des Parietale, dem späteren Tuber, liegen oft zwei Verdichtungsherde sanduhrförmig voreinander. Trennen sie sich, so kann eine Teilung des Parietale zustande kommen, Sutura interparietalis (selten; auch Drei- und Mehrfachteilungen als extreme Seltenheiten). Das Parietale bipartitum hat keine Parallele bei niederen Tieren; progressive Bildung. — Da die Ecken erst spät verknöchern, so liegen beim Neugeborenen an ihnen die Fontanellen, Fonticuli. Das Scheitelbein ist ein reiner Bindegewebsknochen.

Das Stirnbein, Os frontale, ist der vorderste Knochen des Schädeldachs (Abb. 334); er hat nach der Stirn (frons) seinen Namen. Er ist außerdem einer der Bausteine für die Wand der Augenhöhlen (Abb. 354) und der Nasenhöhle (Abb. 352). Man unterscheidet an dem unpaaren Knochen vier Teile: die unpaare Schuppe, Squama frontalis, die paarigen Partes orbitales und die unpaare Pars nasalis.

Stirnbein, Os frontale (Tab. S. 684, Nr. 5), Abb. 326, **334**, 336, 352, 354, 370

Die Stirnschuppe ist das Gegenstück zur Hinterhauptschuppe. Wie diese hinten das Schlußstück des Gewölbes bildet, so jene vorn (Abb. 327). Sie entsteht aus zwei noch beim Neugeborenen getrennten Deckknochen (Abb. 326, 362),

Kreuzschädel, Metopismus

welche in der Regel, zwischen dem 1. und 2. Lebensjahr von unten nach oben fortschreitend, nahtlos miteinander verwachsen. Dadurch wird der Stirnschädel genügend fest gegen die beiderseitige Beanspruchung durch den Zug der großen Kaumuskeln, welche auf das Stirnbein selbst übergreifen (Abb. 370). Aber gelegentlich bleibt die Stirnnaht zeitlebens unverknöchert. Solche Schädel heißen Kreuzschädel, weil bei ihnen wie beim Neugeborenen Sagittal- und

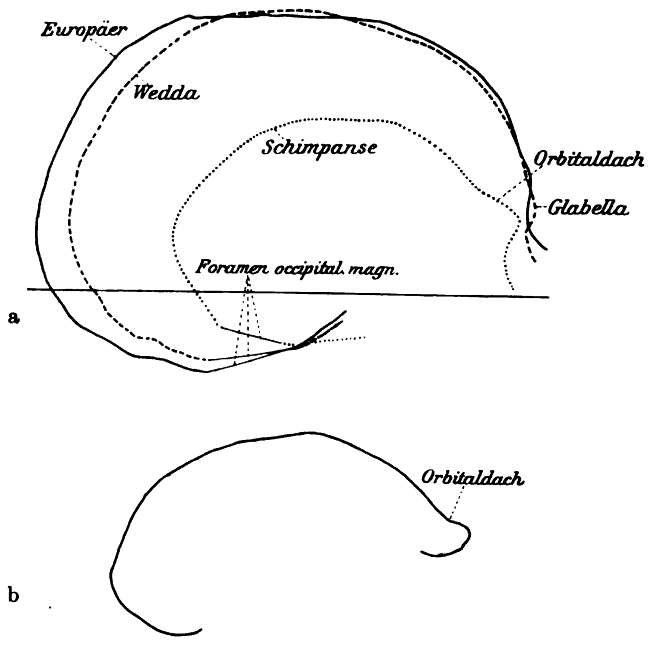


Abb. 347. Mediankurven verschiedener Schädel. a) Drei Kurven auf die gleiche Horizontale projiziert. b) Pithecanthropus erectus (beide Abbildungen aus Martin, Anthropologie).



Abb. 348. Frontalschnitte durch den Schädel des Kindes und Mannes, auf die gleiche Größe gebracht. a) Kind. b) Mann (aus Langer, Anatomie der äußeren Körperform).

Koronarnaht einander überkreuzen: Metopismus (nach dem griech. Wort für Vorderseite, z. B. Metopen des Tempelfrieses). Der Rauminhalt des Stirnschädels gewinnt dadurch. Ein Beweis für solchen Zusammenhang — wie in einem Experiment — ist der regelmäßige Metopismus bei pathologischer Ausdehnung des Gehirns (Wasserkopf).

Neigung und Krümmung der Stirn

Betrachtet man vergleichend-anatomisch das Stirnbein in der Tierreihe, so ist deutlich wie es durch die Entfaltung des Gehirns aufgerichtet und gewölbt wird, bis schließlich beim Menschen der vordere Gehirnpol nicht hinter der

Nasenhöhle, wie etwa beim Hund, sondern völlig oberhalb von ihr liegt (Abb. 327). Die beiden Faktoren: Neigung und Wölbung der Stirn sind schwer scheidbar für den allgemeinen Eindruck vom physiognomischen Charakter eines Menschen, für welchen die Stirn sehr wichtig ist. Starkes Vortreten der Stirn kann ebensogut durch Steilheit der Stellung wie durch blasenförmige Wölbung der Stirnschuppe bedingt sein. Der Neigungswinkel gegen die Horizontale beträgt beim Europäer im Mittel 60° (beim Pithekanthropus nur 38°, Abb. 347). Für die Wölbung kann man durch Bestimmung der Krümmungswerte entsprechender kleiner Strecken für verschiedene Schädel Vergleichszahlen erlangen; für Deutschland ergibt sich im Mittel mehr als doppelt so viel wie für den Neandertaler. In allem nimmt beim Europäer die Stirnschuppe gegen alle übrigen Rassen eine extreme Stellung ein. Es ist klar, daß je steiler die Stirn steht, um so mehr der Schnittpunkt zwischen Kranznaht und Pfeilnaht (Bregma) nach vorn rückt.

Bemerkenswert ist, daß dem kindlichen und weiblichen Schädel die steilste Stirn und größten Krümmungswerte zukommen. Hier spielen in den historischen Gang des allgemeinen Entwicklungsgeschehens entgegengesetzt gerichtete Einflüsse der individuellen Entwicklung hinein. Sie beruhen darauf, daß das Gehirn beim Embryo im Wachstum den übrigen Organen, speziell auch dem knöchernen Schädel, voraus ist. Die Schädelbasis ist beim Neugeborenen verhältnismäßig schmal; die Wölbung des Daches muß deshalb besonders groß sein, um den nötigen Binnenraum für das Gehirn zu schaffen (Abb. 348). Der Abstand der Warzenfortsätze beträgt beim Neugeborenen nur 45% der definitiven Größe, der quere Schädeldurchmesser in der Höhe der Stirnhöcker bereits 74%. Sämtliche Seitenwände des Schädels stehen also beim Kind viel steiler und sind in sich gewölbter als später; das trifft alle Schuppen (Hinterhaupt-, Stirnschuppe und die beiden Schläfenschuppen). Die weibliche Stirn behält diesen infantilen Typus oft in ausgeprägtem Maße, und der weibliche Schädel kann direkt an der blasigen Form des Stirnbeins kenntlich sein. Die individuelle Entwicklung, die mit steiler, blasiger Stirn beginnt (Abb. 362b), läuft der allgemeinen phyletischen Entwicklung, die vom fliehenden flachen Stirntypus ausgeht (Abb. 327), entgegen: der definitive Zustand ist ein Kompromiß zwischen beiden. Der Neigungswinkel der Stirn kann bei Kindern individuell bis 72° betragen und bei Erwachsenen bis 54° absinken (Mittel 60°, siehe oben).

Im Stirnbein liegt eine bei niederen Rassen offen vorliegende Komponente, welche nichts mit dem Gehirn zu tun hat, gleichsam begraben: der präzerebrale Brauenwulst, Torus supraorbitalis (Abb. 349). Das ursächliche Moment für sein Erscheinen liegt wahrscheinlich in Beziehungen zum Kauakt. Der Kieferbogen wird wie ein Gewölbe von den Pfeilern des knöchernen Gesichtsschädels gestützt auf denen die Zähne, besonders die beim Kauen stark beanspruchten Mahlzähne ruhen (Abb. 334a). Außer den Affen haben der Pithekanthropus und die Neandertalrasse im Torus supraorbitalis eine gewaltige Knochenverstärkung, welche quer über beide Orbitaldächer hinwegzieht und den genannten Druckkräften Rechnung trägt (Abb. 349a, 347). Bei steil aufgerichtetem Stirnbein gerät der Knochen im ganzen in eine zur Stütze des Kieferbogens günstige Lage (Abb. 349b). So ist beim rezenten Menschen nur andeutungsweise in Resten äußerlich zu sehen, was ursprünglich die Stirn und den ganzen Gesichtsausdruck ganz wesentlich bestimmte. Aber der untere Stirnabschnitt ist noch deutlich durch die Beziehung zum Orbitaldach beherrscht, nicht lediglich durch das Stirnhirn, wie der obere Teil der Stirnschuppe. Man unterscheidet drei verschiedene Typen. Der häufigste hat im medialen Teil des oberen Randes

Brauenwulst, Glabella

a b

Abb. 349. Brauenwulst auf Sagittalschnitten durch die Augenhöhle. a) Querschnitt durch den frei vorspringenden Wulst. b) Die Stirnschuppe ist so weit nach vorn vorgeschoben, daß der Brauenwulst in sie einnivelliert ist. (Zeichnungen von Th. Mollison.)

der Augenhöhle, **Margo supraorbitalis**, einen Höcker, **Arcus superciliaris**, welcher mit dem Margo supraorbitalis verschmolzen zu sein pflegt (Abb. 370). Eine seichte Furche trennt diesen Höcker von der dreieckigen Mulde seitlich zwischen dem Margo supraorbitalis und der Linea temporalis des Stirnbeins. Dehnt sich der Arkus auf dieses Dreieck aus, so besteht ein Rudiment des oben beschriebenen atavistischen Typus mit ausgesprochenem Brauenwulst (2. Typus); zieht er sich zurück, so löst er sich auch von dem Margo supraorbitalis und liegt für sich etwas entfernt über ihm (3. Typus). Je weiter die Brauenbögen voneinander getrennt sind, um so deutlicher ist zwischen ihnen, oberhalb der Nasenwurzel, eine vertiefte glatte Fläche, **Stirnglatze, Glabella** (so genannt, weil die Haut zwischen den Augenbrauen gewöhnlich unbehaart ist).

Sinus frontales

Das Stirnbein ist von den beiden Nasenhöhlen aus pneumatisiert (zwei Sinus frontales mit Scheidewand, Abb. 352). Bei ausgesprochenen Brauenbögen und -wülsten können diese Vorsprünge von den Stirnhöhlen benützt werden; sie tragen dann zu Vergrößerung der Höhlen bei. Die Lufträume haben jedoch umgekehrt für die Wülste keine ursächliche Bedeutung. Die Stirnhöhlen können auch im Augenhöhlendach vordringen und selbst die Processus clinoidei anteriores des Keilbeins erreichen. Bei Bruch des Augenhöhlendaches dringt dann Luft in die Orbita ein.

Die beim Frontale üblichen Fachausdrücke.

A. Squama frontalis (Abb. 334).

1. **Margines:**
   - **Sutura coronalis:** Verbindungsnaht mit den Scheitelbeinen.
   - **Sutura sphenofrontalis:** Naht mit dem großen Keilbeinflügel jeder Schädelhälfte.
   - **Sutura zygomaticofrontalis:** Naht mit dem Processus frontosphenoidalis des Jochbeines.
2. **Facies frontalis:**
   - **Tuber frontale:** jederseits querfingerbreit oberhalb der Augenbrauenbögen, nahe der Haupthaargrenze; variable Höcker, beim Neugeborenen stark entwickelt (Abb. 362), beim Erwachsenen ein stumpfwinkliger Vorsprung der Kopfsilhouette in Schrägansicht (Abb. 146).
   - **Arcus superciliaris:** ein Wulst jederseits oberhalb des Augenhöhlenrandes (Abb. 370, fehlt bei der Frau); die Augenbrauen (Supercilia) entsprechen nicht dem Arkus, sondern liegen tiefer, auf dem Margo supraorbitalis.
   - **Glabella:** glatte Stelle zwischen beiden Arkus. Früher wurde sie bis zu den Stirnhöckern gerechnet; die BNA beschränkt sie auf die genannte Stelle.
   - **Sutura frontalis (metopica):** kleiner Nahtrest, welcher häufig von der Pars nasalis eine kleine Strecke weit an der Stirn hinaufreicht. An dieser Stelle vereinigen sich die beiden Deckknochen nicht durch primäre Nahtverknöcherung, sondern durch eine sekundär eingeschobene Masse (supranasales Dreieck). Wenn sie ausbleibt, entsteht der genannte Nahtrest, weiter oben ist eine flache Rauhigkeit als Rest der Sutura frontalis häufig. Über Kreuzschädel siehe S. 710.
   - **Fonticulus metopicus, Os metopicum:** Fontanelle oder eingeschobener Fontanellenknochen; ausnahmsweise innerhalb der Sutura frontalis dicht über der Pars nasalis. Möglicherweise reichten bis hierhin einst die Nasalia.
   - **Margo supraorbitalis:** oberer Rand der Augenhöhlen; Grenze gegen die Pars orbitalis (Abb. 354).
   - **Incisura supraorbitalis oder Foramen supraorbitale:** meistens ein Loch, seltener ein Einschnitt im oberen Augenhöhlenrand an der Grenze zwischen innerem und mittlerem Drittel (Abb. 354, 370). Die Inzisur ist beim Lebenden fühlbar, das Loch nicht. Inhalt: gleichnamige Nerven und Gefäße aus A. und V. ophthalmica und Nervus ophthalmicus (Va).
   - **Incisura frontalis (Foramen):** medial neben der vorigen, nicht regelmäßig, häufiger ein Einschnitt, seltener ein Loch. Beide Inzisuren können zu einer breiten Einbuchtung des oberen Augenhöhlenrandes verschmolzen sein (Abb. 334). Inhalt: gleichnamige Nerven und Gefäße aus den gleichen Stämmen wie bei den vorigen.

Processus zygomaticus: dreiseitiger, prismatischer Vorsprung, welcher unten vom Margo supraorbitalis, oben und außen von der Linea temporalis begrenzt ist. Die Oberfläche ist meistens muldenförmig vertieft (dreieckige Mulde, Abb. 370). Der äußere Teil des Margo supraorbitalis ist durch die oberhalb und unterhalb von ihm zurückweichenden Knochenprofile so zugeschärft, daß er bei Fall auf diese Gegend manchmal wie ein Messer die Haut von innen her durchtrennt.

Linea temporalis: die gemeinsame Fortsetzung der beiden Lineae temporales des Scheitelbeins (Abb. 370); sie grenzt von der Facies frontalis ein kleines Stück ab, welches zur Schläfengegend gehört, auch Facies temporalis genannt. Sie ist durch die Sutura sphenofrontalis mit dem großen Keilbeinflügel verbunden.

3. Facies cerebralis (Abb. 336):

Crista frontalis: medianer, im unteren Teil der Schuppe deutlicher Kamm, der nach oben zu in zwei Schenkel ausläuft. Zwischen ihnen der Sulcus sagittalis für den gleichnamigen Blutleiter der harten Hirnhaut. Nach unten zu geht die Krista bis zum:

Foramen caecum: entweder vom Stirnbein allein oder vom Stirn- und Siebbein gemeinsam begrenzter unpaarer, blind endigender Kanal, in welchen ein Fortsatz der Dura mater hineingeht.

B. Partes orbitales.

1. Facies cerebralis (Abb. 336): sie schließt ohne scharfe Grenze an die gleichnamige Fläche der Schuppe an.

Impressiones digitatae: zahlreiche Abdrücke der Windungen des Stirnhirns; sie setzen sich weniger ausgesprochen und nicht immer auf die Innenfläche der Schuppe fort.

Juga cerebralia: Vorragungen zwischen den vorigen, den Sulci des Gehirns entsprechend.

Sulci arteriosi: vorderste Ausläufer der Furchen für die Arteria meningea media und Furche der A. meningea anterior (in Abb. 336 dargestellt, aber nicht bezeichnet). Auch Grübchen für PACCHIONIsche Granulationen kommen vor.

Incisura ethmoidalis: tiefer Einschnitt zwischen den beiden Partes orbitales; in diese ist die Siebbeinplatte und die Crista galli des Ethmoidale eingelagert. Die Ränder haben Grübchen (Foveolae ethmoidales), welche entsprechende offene Siebbeingruben (Cellulae ethmoidales) zu geschlossenen Luftzellen ergänzen.

2. Facies orbitalis, Dach der Augenhöhle, gehöhlte, aber glatte Fläche von ungefähr dreiseitiger Gestalt mit nach hinten gerichteter Spitze (Abb. 354).

Sutura sphenofrontalis (Margo sphenoidalis): Verbindungsnaht mit dem großen und kleinen Keilbeinflügel (blau).

Sutura ethmoideofrontalis: Naht mit der Lamina papyracea des Siebbeins (Karmin).

Sutura frontolacrimalis: Naht mit dem Tränenbein (orange).

Foramen ethmoidale anterius et posterius: zwei Kanäle zwischen Stirn- und Siebbein für den Durchtritt der gleichnamigen Gefäße und Nerven (aus A. und V. ophthalmica und Nervus ophthalmicus, Va).

Fovea trochlearis: kleine Vertiefung innen oben, wechselnd. Anheftung für eine faserknorplige Rolle, Trochlea, um welche die Sehne des M. obliquus superior des Augapfels läuft. Man kann manchmal durch die Haut die Rolle durchtasten ($1\frac{1}{2}$ cm neben dem inneren Augenwinkel).

Spina trochlearis: Knochenstachel neben und hinter der Fovea, fehlt meistens.

Fossa glandulae lacrimalis: Vertiefung hinter dem scharfkantigen Teil des Margo supraorbitalis, welcher zum Processus zygomaticus gehört. In ihr liegt die Tränendrüse (außen oben!).

C. Pars nasalis: der kleine Teil des Stirnbeins zwischen den Augenhöhlen (Abb. 334). Die Rassendifferenzen in der Breite sind sehr gering. Die Augenabstände bei verschiedenen Rassen und Individuen schwanken jedoch sehr. Es beruht das nicht auf Verschiedenheiten der Pars nasalis des Stirnbeines, sondern auf Verschiedenheiten der Breite der beiden Augenhöhlen selbst. Der Zwischenraum zwischen ihnen erweckt dadurch den Eindruck, bei dem einen Individuum schmäler zu sein als bei einem anderen.

Margo nasalis: unregelmäßige, rauhe Nahtfläche für den Processus frontalis des Oberkiefers und des Tränenbeins (Abb. 353).



Spina frontalis: medianer, seitlich abgeplatteter Fortsatz von wechselnder Länge, Stütze für die beiden Nasenbeine (Abb. 352). Das Foramen caecum liegt im Innern der Spina; es hängt von ihrer Größe und ihrem Vorhandensein ab.

D. Sinus frontales, Stirnhöhlen, pneumatische Nebenräume der Nase von wechselnder Größe, können lateralwärts über das ganze Dach der Orbita, medialwärts bis an den inneren Augenwinkel, abwärts bis in die Mitte des knöchernen Nasendaches und aufwärts bis zur halben Höhe der senkrechten Partie der Stirnschuppe reichen. Von unten her buchten sich Siebbeinzellen in sie vor. Leistenförmige Erhebungen der knöchernen Basis und dazwischen liegende Kammern im unteren Teil der Höhle sind nichts Seltenes.

Septum sinuum frontalium: knöcherne Zwischenwand zwischen den beiden Stirnhöhlen (Abb. 353), meist sehr dünn, steht meistens nicht median; daher sind die Hohlräume in der Regel asymmetrisch.

Apertura sinuum frontalium: jederseits zwischen der Incisura ethmoidalis und der Spina ethmoidalis gelegene Zugänge der Stirnhöhlen (Abb. 353, nicht bezeichnet). Sie führen nach unten zu in die Nasenhöhle (Mündung unter der mittleren Muschel).

E. Ossifikation: Am 56. Tag der Fötalzeit entstehen zwei Ossifikationspunkte an Stelle der späteren Stirnhöcker, von welchen das ganze Stirnbein samt seinen Partes orbitales auswächst: reiner Deckknochen. Akzessorische Knochenkerne entstehen im Processus zygomaticus, im hinteren Teil der Pars orbitalis und zuletzt in der Spina frontalis. Über Verwachsungstermine, Kreuzschädel, Fonticulus metopicus siehe S. 710. Die Stirnhöhlen erscheinen gegen Ende des 1. Lebensjahres (im 6. Lebensjahr erst erbsengroß). Das Septum zwischen ihnen ist ein bleibender Rest der paarigen Anlage des Stirnbeins. Volle Ausbildung der Stirnhöhlen vom 12. Jahr ab (oft erst im Anfang der 20er Jahre). Sie sind von Anfang an sehr variabel an Größe (eine Zunahme der Größe in höheren Lebensjahren wird behauptet, ist aber unsicher).

Siebbein, Os ethmoidale (Tab. S. 685, Nr. 6), Abb. 334, **350**, 351 bis 353

Das Siebbein, Os ethmoidale, besteht 1. aus einem unpaaren, T-förmigen Mittelstück, welches sich aus der horizontalen Siebplatte und dem vertikalen Anteil des Knochens an der Nasenscheidewand zusammensetzt (Abb. 331) und 2. aus den kompliziert gebauten paarigen Seitenstücken. Diese tragen die mittlere und obere Muschel und beherbergen das Siebbeinlabyrinth. Die Seitenstücke sind die zerbrechlichsten Knochen des ganzen Skeletts und deshalb selten an mazerierten Schädeln intakt. Sie sind durch zahlreiche eingelagerte pneumatische Hohlräume, die Cellulae ethmoidales, verdünnt. Denkt man sich in Abb. 331 zwischen oberer und mittlerer Muschel und ebenso zwischen mittlerer und unterer Muschel zahlreiche ungestielte Ausbuchtungen der Nasenschleimhaut gegen die Augenhöhle zu vorwachsen, wie gegen den Boden der Nasenhöhle zu die gestielte Kieferhöhle auswächst, so wird man verstehen, daß beim fertigen Siebbein in der lateralen Wand des Knochens die Cellulae ethmoidales wie die Bienenwaben dicht nebeneinander gedrängt stehen. Sie liegen in einer Schicht und in dieser in drei oder vier Reihen übereinander. Nach der Augenhöhle zu ist die Schicht gemeinsam durch den papierdünnen Rest der lateralen Wand des Seitenstückes, die Lamina papyracea, abgedeckt, durch welche die Zwischenwände der Zellen häufig durchschimmern (Abb. 350, 351). Nach der Nasenhöhle zu erheben sich über die wabenförmige Schicht der Cellulae die mittlere und obere Muschel. Nur eine einzige Wabe ist aus der gemeinsamen Schicht herausgerückt; sie buchtet sich nach der mittleren Muschel zu, also nach innen vor und wird nach Entfernung der Muschel sichtbar, Bulla ethmoidalis (Abb. 352). Sie ist wahrscheinlich eine rudimentäre Nebenmuschel. Die Lamina papyracea deckt die Siebbeinzellen nur unvollkommen zu, weil diese auch in die Nachbarknochen vorgedrungen sind. Als Knochendeckel fungieren für die letzteren hauptsächlich das Stirn- und Tränenbein, welche von oben und vorn dem Siebbein aufliegen. Nimmt man diese beiden weg, so stehen die betreffenden Siebbeinzellen offen (Abb. 350). Die Wände der Siebbeinzellen sind so durchsichtig,

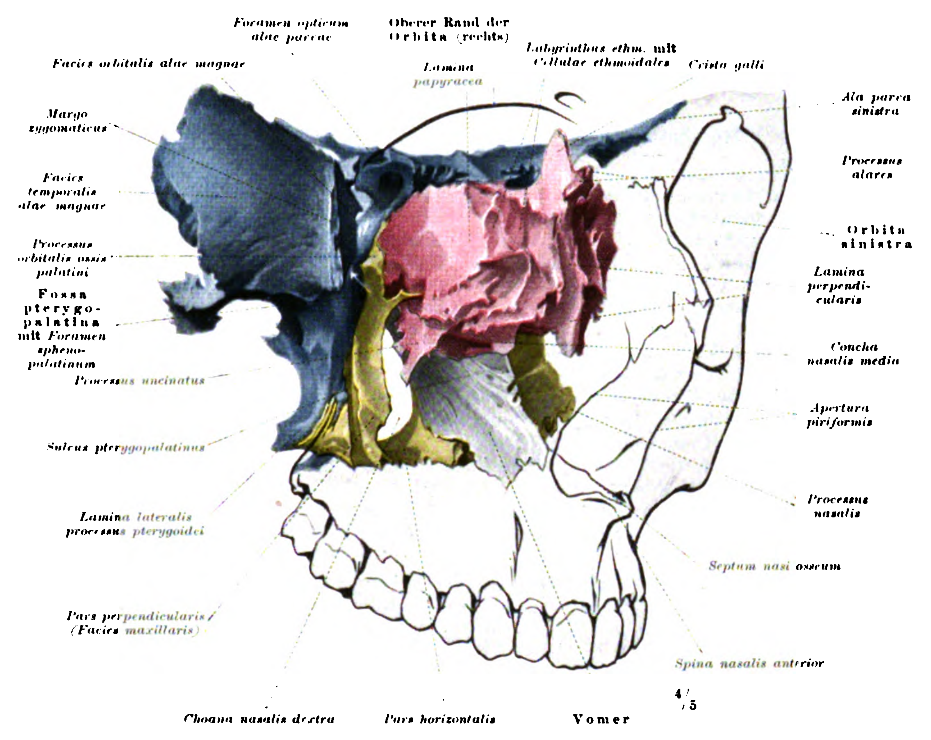


Abb. 350. Siebbein (rot), Gaumenbein (olivgrün), Keilbein (blau) und Vomer (grau) in ihrer natürlichen Lage. Die übrigen Gesichtsknochen nur angedeutet, von der rechten Orbita nur der obere Rand zur Orientierung. Durch die Lamina papyracea schimmern die Cellulae ethmoidales hindurch. Weißer Pfeil im Foramen rotundum.

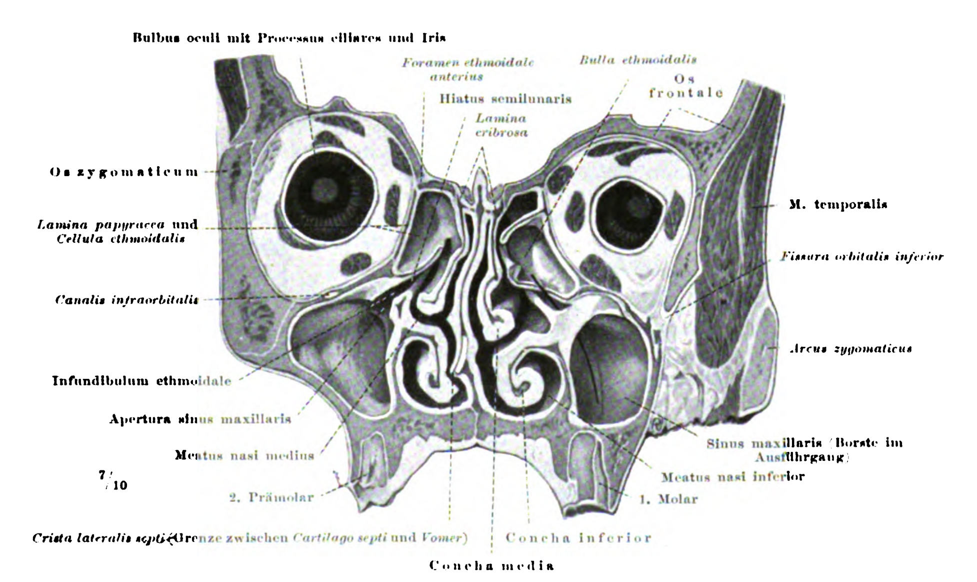


Abb. 351. Frontalschnitt durch die Nasenhöhle. Knochen dunkel-, Schleimhaut hellgrau. Der Sägeschnitt geht nicht genau frontal, daher ist auf der einen Seite der Eingang zum Sinus maxillaris getroffen, auf der anderen nicht (siehe Zähne). In der Lamina cribrosa Durchbrechungen = Löcher für Fila olfactoria.

daß man in ihnen unter dem Mikroskop die einzelnen Knochenzellen mit allen Ausläufern gut erkennen kann. Ich verweise im übrigen auf die spätere Darstellung der Nasenhöhle (Bd. II).

Die beim Ethmoidale üblichen Fachausdrücke.

A. Mittelstück.

Lamina cribrosa, Siebplatte: der horizontale Teil des Mittelstückes, eine ungefähr rechteckige Platte, welche in die Incisura ethmoidalis des Stirnbeins eingelassen ist und hinten an das Keilbein grenzt (Abb. 336). Sie ist das Dach der Nasenhöhle (Abb. 331, 351). Auf ihr liegt jederseits der Bulbus olfactorius des Gehirns. Aus ihm treten die Riechnerven, Fila olfactoria, durch zahlreiche unregelmäßig rundliche Löcher der Siebplatte in die Nasenhöhle hinein. Eines der vordersten Löcher wird vom Nervus ethmoidalis anterior (aus Va) und von den gleichnamigen Gefäßen auf dem Wege von der Augen- zur Nasenhöhle und zur äußeren Nase benutzt. Von der Siebplatte hat der ganze Knochen seinen Namen.

Crista galli, Hahnenkamm: ein kleiner Abschnitt des vertikalen Teiles des Mittelstückes, welcher nach oben über die Siebplatte hinausragt (Abb. 350, 353). Von dem oberen zugeschärften Rande entspringt die Sichel der harten Hirnhaut, Falx cerebri.

Processus alares: zwei flügelförmige Fortsätze der Crista galli (Abb. 350), welche nach vorn dem Stirnbein anliegen und das Foramen caecum umgreifen; können fehlen.

Lamina perpendicularis: der größte Abschnitt des vertikalen Teiles des Mittelstückes. Sie hat die Form eines ungleichseitigen Viereckes, liegt im Gegensatz zur Crista galli unterhalb von der Siebplatte und gehört ganz der Scheidewand der Nase an (Abb. 353). Auf einem Frontalschnitt durch den Schädel sieht das Mittelstück des Siebbeines dolchartig aus (Crista galli der Griff, Lamina cribrosa das Stichblatt, Lamina perpendicularis die Schneide, Abb. 351). Die L. perpend. steht selten genau median. Hinten stößt sie an die Crista sphenoidalis (Keilbein), unten an den Vomer und an die knorplige Nasenscheidewand, vorn an die Nasenbeine, oben an die Lamina cribrosa und die Spina frontalis an (Abb. 353).

B. Seitenstücke, paarig, zu beiden Seiten der Lamina perpendicularis und parallel zu ihr:

Labyrinthus ethmoidalis: würfelförmiges Gebilde aus Hohlräumen wie Bienenwaben zusammengesetzt, welche sich jederseits zwischen Stirnbein (oben) und Oberkiefer (unten) einschieben. Es hängt oben an dem seitlichen Rand der Siebplatte. Hinten erreicht es den Keilbeinkörper und das Gaumenbein (Abb. 350), vorn das Tränenbein (Abb. 352).

Lamina papyracea: der Abschluß des Siebbeinlabyrinthes gegen die Augenhöhle zu und Hauptteil der medialen Wand der letzteren (Abb. 354). Faßt der Unkundige einen Schädel mit Daumen und Zeigefinger, indem er diese in die Orbitae hineinführt, so zerstören die Fingerkuppen mit Sicherheit die Laminae, die, wie ihr Name sagt, wirklich papierdünn sind. Man fasse deshalb stets den Schädel mit der ganzen Hand am Hinterhaupt oder an der Basis, besser mit beiden Händen an den Seiten.

Foramen ethmoidale anterius et posterius: 2 Kanäle zwischen Stirn- und Siebbein (Abb. 354, siehe S. 713).

Cellulae ethmoidales (Abb. 350, 351): nur teilweise von der Lamina papyracea bedeckt (echte Cellulae ethmoidales); teilweise von benachbarten Knochen abgeschlossen (deshalb Cellulae frontales, lacrimales, sphenoidales, maxillares, palatinae genannt, je nach dem zugehörigen Deckelknochen). Einige können bis in die mittlere Nasenmuschel, in den Processus uncinatus und in den Agger nasi vordringen.

Concha nasalis media (Ethmoturbinale I), mittlere Nasenmuschel: Dünne Knochenplatte mit rauher Oberfläche, welche wie ein getrocknetes Blatt eingerollt ist. Die Wölbung ist der Nasenscheidewand zugewendet, die Höhlung sieht gegen die laterale Nasenwand (Abb. 351, 352). Sie hängt vorn mit der Concha superior zusammen, trennt sich nach hinten von ihr und läuft unterhalb der C. sup. etwas schräg absteigend auf das Foramen sphenopalatinum zu. Vorn setzt sie sich auf den Processus frontalis des Oberkiefers fort (Crista ethmoidalis, Abb. 355), hinten auf das Gaumenbein (gleichnamige

Kante der Pars perpendicularis). Unter ihr liegen die Zugänge zu den vorderen und mittleren Siebbeinzellen, zur Stirn- und Kieferhöhle (Abb. 351).

Concha nasalis superior (Ethmoturbinale II), obere Nasenmuschel (Abb. 352): dünne, mehr gerade Knochenplatte als vorige, schmäler und kürzer. Unter ihr liegen die Zugänge zu dem hinteren oberen Viertel der Siebbeinzellen.

Concha nasalis suprema (gehört zu Ethmoturbinale II), oberste Muschel: inkonstante Muschel oberhalb der Concha superior.

Meatus nasi communis: Raum zwischen den Muscheln und der Nasenscheidewand (Abb. 331), bei stark entwickelten Muscheln oft auf eine minimale Spalte eingeengt (Abb. 351).

Meatus nasi superior et medius: Kanal zwischen oberer und mittlerer Muschel (M. n. superior, Abb. 352) und zwischen mittlerer und unterer Muschel (M. n. inferior, Abb. 351).

Bulla ethmoidalis: Vorwölbung im mittleren Nasengang (Abb. 351, 352), rudimentäre Muschel.

Processus uncinatus: dünner Fortsatz des Seitenstückes des Siebbeines, welcher schräg nach hinten über die große Öffnung der Kieferhöhle wegzieht (Abb. 352). Auf ihm ist wie auf einer Gardinenstange die Schleimhaut aufgehängt, welche über ihn hinweg in die Kieferhöhle hineingeht. Dadurch wird die Öffnung der mit Schleimhaut ausgekleideten Höhle viel enger, als ihre knöcherne Umrahmung durch den Oberkiefer vermuten läßt. Nach unten grenzt der Proc. uncinatus an den Proc. ethmoidalis der Concha inferior. Er gehört zu einer verkümmerten Muschel, die bei Säugern oft mächtig ausgebildet ist (siehe Nasenhöhle, Bd. II).

Hiatus semilunaris: halbmondförmige Öffnung zwischen Processus uncinatus und Bulla ethmoidalis (Abb. 351, 352). Zugang zum:

Infundibulum ethmoidale: eine breite Spalte, welche mit der Nasenhöhle durch den Hiatus semilunaris zusammenhängt (Abb. 351) und andrerseits in Siebbeinzellen, in die Stirn- und Kieferhöhle mündet.

C. **Ossifikation.** Der Knochen wird völlig enchondral angelegt (Abb. 331) und verknöchert erst spät. Beim Menschen erscheint zuerst je ein Knochenkern im 5. bis 6. Fötalmonat lateral in der Lamina papyracea. Von hier aus breitet sich die Verknöcherung auf die Muscheln und Siebplatte aus, nach der Geburt auch auf die Wände der Cellulae ethmoidales, die sich erst dann vollständig ausbilden. Im ersten Lebensjahr entsteht unabhängig davon medial die Verknöcherung des Nasenseptums, welche sich auf die Crista galli und Lamina cribrosa ausdehnt. Die medialen und lateralen Ossifikationen verschmelzen miteinander im 1. oder 2. Lebensjahr. Bis dahin sind die beiden Siebbeinlabyrinthe knorplig miteinander verbunden. — Besonders der mediale Abschnitt enthält mehr als ein Ausgangszentrum; auch akzessorische Kerne kommen später noch hinzu, z. B. in der Crista galli und im vorderen Teil der Lamina cribrosa. Die Zahl scheint zu schwanken. Bei Vögeln sind sogar 18 Zentren im Siebbein gezählt worden (Turmfalk).

Untere Muschel, Concha inferior (Tab. S. 685, Nr. 7), Abb. 351, 352, 355

Die untere Muschel, Concha nasalis inferior, ist die größte Nasenmuschel. Sie gleicht der Schale einer Teichmuschel, welche mit dem Schloß an der lateralen Wand der Nasenhöhle aufgehängt und mit der Wölbung der Nasenscheidewand zugewendet ist. Die Knochenplatte ist dünn, ihre Oberfläche ist narbig, rauh. Sie ist nicht mit dem Siebbein im knöchernen Zusammenhang wie die übrigen Muscheln, sondern selbständig und ist mit einem besonderen Fortsatz, Processus maxillaris conchae, der hakenförmig nach außen umgebogen ist, in die Kieferhöhle eingehängt (Abb. 355, schwarz gestrichelter Kontur). Da die Umbiegungsstelle sich nicht immer an den Rand der Öffnung der Kieferhöhle anschmiegt, so verengert die Concha inferior oft die große Öffnung, speziell im unteren Abschnitt. Ein anderer, kleinerer Fortsatz, Processus ethmoidalis, welcher von der Muschel nach oben abgeht, vereinigt sich mit dem Processus uncinatus des Siebbeines und verengert zusammen mit diesem den oberen Teil der Öffnung im Oberkieferknochen. Infolgedessen bleiben nur enge Zugänge zur Kieferhöhle übrig. Ein dritter Fortsatz, Processus lacrimalis, geht ebenfalls nach oben und ergänzt die mediale Wand des Tränennasenganges.



Die bei der Concha nasalis inferior üblichen Fachausdrücke.

A. Befestigungen.

Corpus: das vordere zugespitzte Ende ist an die Crista conchalis des Oberkiefers, das hintere zugespitzte Ende an die gleichnamige Leiste des Gaumenbeins angeheftet. Dazwischen überbrückt der Knochen den Hiatus maxillaris des Oberkiefers. Bei vorsichtigem Tasten kann man oft beim Lebenden das vordere Ende von der Nasenöffnung aus mit der Fingerkuppe fühlen.

Processus maxillaris: er stützt sich mit seinem freien dreieckigen oder halbmondförmigen Rand auf den unteren Rand des Hiatus des Oberkiefers oder ist so in ihn eingehakt, daß er von oben her die mediale Wand der Maxilla umfaßt (Abb. 355). Er liegt frei vor, wenn man die Oberkieferhöhle vom Gesicht aus öffnet und die Schleimhaut der medialen Wand entfernt.

Processus ethmoidalis: spitz, unregelmäßig, kann fehlen. Er geht hinter dem vorigen aufwärts, erreicht den Processus uncinatus nicht immer, ist oft mit ihm knöchern verwachsen (Abb. 352). Die Schleimhaut setzt sich zum

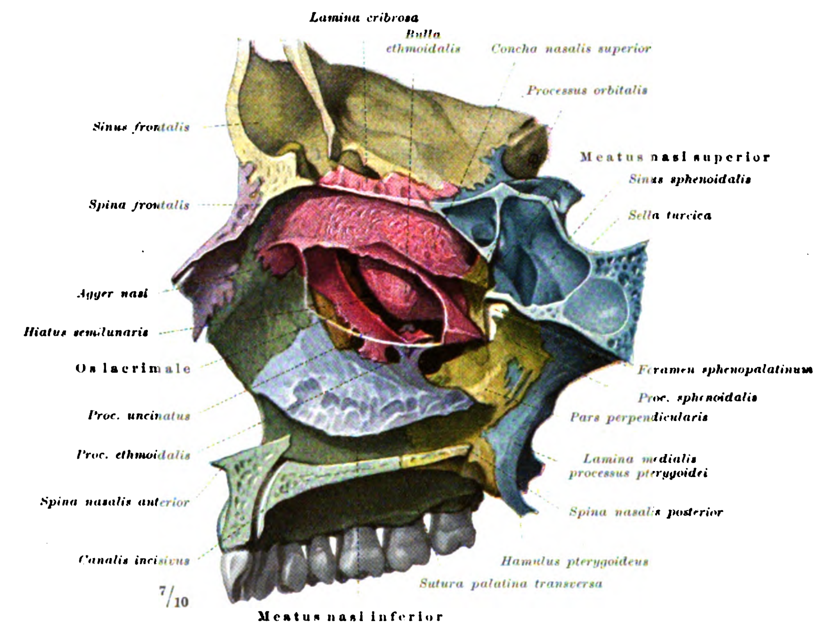


Abb. 352. Knöcherne seitliche Nasenwand. Schematische Farben wie in Abb. 334, außerdem Gaumenbein olivgrün, Concha inferior hellviolett. Die mittlere Muschel zum Teil abgetragen, ihre natürliche Grenze mit weißer Linie angegeben

oberen Rand des Proc. uncinatus fort, auch wenn der Proc. ethmoidalis fehlt. Da der Defekt nicht von Schleimhautmangel begleitet ist, so bleibt der Zugang zur Kieferhöhle bei Variationen der knöchernen Unterlage meist unverändert (siehe Nasenhöhle, Bd. II).

Processus lacrimalis: vierseitiges Plättchen vorn vor dem Proc. maxillaris, nach oben gerichtet und so an die Ränder des Sulcus lacrimalis der Maxilla angeheftet, daß die Rinne zum Kanal ergänzt wird: Canalis nasolacrimalis. Nach oben stößt der Proc. lacrimalis an den unteren Rand des Tränenbeins (Abb. 352, nicht bezeichnet).

B. Ossifikation. Enchondrale Verknöcherung von einem besonderen Zentrum aus, welches in der 2. Hälfte der Schwangerschaft auftaucht (5.—7. Monat).

Nasenknorpel, Cartilagines nasi (Tab. S. 685, Nr. 8), Abb. **353**, 370

Die Nasenknorpel, Cartilagines nasi, sind der Größe nach die wesentlichsten Stützen der äußeren Nase, eines Vorbaues vor der Fläche des Gesichtes, welche dem Menschen in dieser Ausbildung allein zukommt. Die knöchernen Nasenbeine stützen nur einen relativ kleinen Teil des Nasenrückens.

Die Knorpel schließen sich an sie an, ruhen aber vor allem auf den tiefer liegenden Knochen des Nasenseptums, auf der Lamina perpendicularis des Siebbeines und auf dem Vomer (Abb. 353). Der letztere ist die wichtigste Stütze für sie. Die Prominenz der Nase hängt mehr mit der Aufrichtung des Vomer und der ihn stützenden Maxilla, als mit der Länge der Knorpel selbst zusammen. Bei Nasenaffen z. B., deren Nase rein durch Knorpelwachstum entsteht, ist das Organ rüsselartig gebildet und der menschlichen Nase nicht vergleichbar.

Man unterscheidet einen großen, unpaaren Knorpel, welcher dem Nasenseptum eingelagert ist und dessen unteren Rand man fühlt, wenn man beim Lebenden das Septum zwischen die Fingerkuppen faßt und bewegt: **Cartilago septi**. Von ihm aus gehen beiderseits am Nasenrücken stumpf dreieckige Knorpelplatten in die Seitenflächen der äußeren Nase über; sie sind mit den unteren Rändern der Nasenbeine verbunden. Sie haben einen besonderen Namen:

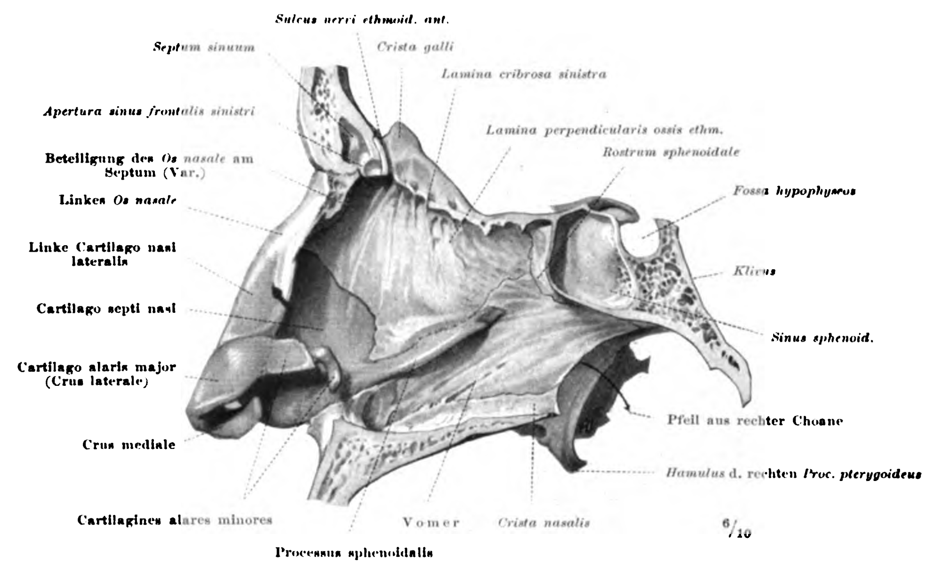


Abb. 353. Skelett der Nasenscheidewand und der linken seitlichen Wand der äußeren Nase. Knorpel blau, Knochen grau.

Cartilagines nasi laterales, sind aber nur Fortsätze des oben genannten unpaaren Knorpels (Abb. 353). Isolierte paarige Knorpel formen die Nasenspitze und umgeben jederseits das Nasenloch: eine **Cartilago alaris major** vorn und zwei bis drei **Cartilagines alares minores** hinten. Ferner sind an Zahl wechselnde Knorpelinselchen wie Rollen zwischen die größeren, übereinandergreifenden Knorpelplatten eingeschoben und erleichtern deren Bewegung.

Alle Knorpel der Nase stammen von der einheitlichen knorpligen Nasenkapsel des Embryo ab (Abb. 325), und sind Reste des Chondrokranium, die eine besondere Entfaltung gewonnen haben. Sie sind für die Physiognomik sehr wesentlich. Infolge der Beweglichkeit des Knorpelgerüstes der Nase ist die mimische Muskulatur fähig, nicht nur die Haut, sondern auch die Nase im ganzen zu beeinflussen und dadurch den Gesichtsausdruck zu bestimmen. Stärkere Bewegungen werden durch den Luftstrom beeinflußt (Blähen oder Einziehen der Nasenflügel), sind also durch fernliegende Atemmuskeln mit verursacht. Bei den Muskeln wird darauf einzugehen sein. Wir werden im

Anschluß daran später die allgemeine durch das Skelett und die Muskeln bedingte Form der Nase in Ruhe und Bewegung betrachten. Anderes ist bei den Eingeweiden nachzusehen (Bd. II).

Die bei den Cartilagines nasi üblichen Fachausdrücke.

Cartilago septi et nasi lateralis: einheitlicher Knorpel im Nasenseptum und in den beiden Seitenwänden der Nase (Abb. 353). Ein Fortsatz reicht in der Scheidewand meistens bis zum Keilbein: Processus sphenoidalis septi cartilaginei. Der Übergang in die seitlichen Nasenknorpel ist abgerundet. Im unteren Abschnitt sind beide gewöhnlich durch einen Schlitz jederseits getrennt. Im oberen Abschnitt ist der knorplige Zusammenhang einheitlich (homokontinuierlich). Sowohl das Septum wie die Seitenwände des Knorpels schieben sich etwas unter die Nasenbeine.

Cartilago alaris major, Spitzenknorpel: Jederseits ein eng zusammengefalzter Knorpel, dessen eine Fläche in der Scheidewand liegt und sich an die Cartilago septi anlehnt, dessen andere Fläche im Nasenflügel an der Cartilago nasi lateralis befestigt ist. Man nennt die beiden Teile Crus mediale und Crus laterale (Abb. 353). Das erstere umgrenzt den inneren, das letztere den äußeren Kontur des Nasenloches. Die beiden medialen Schenkel sind die kleineren; sie liegen im Septum mobile, dem Teil der Scheidewand, welchen man zwischen den Fingerkuppen hin- und herbewegen kann. Das Crus laterale kann so lang sein, daß es durch Bindegewebe an die Apertura piriformis des Oberkiefers befestigt ist; an der Apertur kann sogar seitlich ein kleines Knochenspitzchen vorkommen, wenn die Anheftung des Endes des Crus laterale verknöchert. Gewöhnlich sind kleine Knorpelchen abgesprengt (s. d. folgenden). Der Winkel, in welchem das Crus mediale und laterale zusammenstoßen, heißt: Angulus alaris. Das Nasenloch geht nicht bis an den Winkel heran, sondern endet früher (Abb. 369).

Cartilagines alares minores, Flügelknorpel: das Crus laterale des vorigen, kann bis zur Anheftung des Nasenflügels an die Wange reichen. Gewöhnlich ist der obere und untere Rand des Ausläufers tief eingekerbt, und zwar an der Stelle, an welcher der Nasenflügel beweglich wird (Abb. 353, gestrichelt). Oft ist der Knorpel dort durchtrennt oder das abgetrennte Stück weiterhin in einzelne Stücke quer zerlegt. Dies sind die C. alares minores. Gewöhnlich gibt es drei, doch sind Verschiedenheiten zwischen rechts und links häufig. Auch Längsabspaltungen vom oberen Rand der Cartilago alaris major kommen vor. Das Stück, welches innerhalb der Nasenspitze liegt, ist nie untergeteilt. Es ist unbeweglich. Deshalb der deutsche Name „Spitzenknorpel" für die Cart. alaris major, welche gar nicht im beweglichen Flügel liegt, und „Flügelknorpel" für die ganz oder partiell abgetrennten Stücke, welche allein den beweglichen Flügel stützen. Auch wenn keine Durchtrennung statthat, ist der Knorpel von der Stelle ab, wo die feste Spitze aufhört, sehr dünn.

Cartilagines sesamoides, Gleitknorpelchen: kleine unregelmäßige Knorpelstückchen, walzenförmig senkrecht oder horizontal, vorn zwischen den Cartilagines alares majores und zwischen diesen und den Cartilagines nasi laterales.

Cartilagines basales: unregelmäßige Knorpelstückchen längs dem oberen Rand des Vomer und der Spina nasalis anterior des Oberkiefers.

Cartilago vomeronasalis: schmales, dünnes Knorpelplättchen zu beiden Seiten der Cartilago septi dicht hinter der Spina nasalis anterior. Dieser Knorpel gehört zum Jacobsonschen Organ (s. Nasenhöhle, Bd. II, und Riechorgan, Bd. III).

Tränenbein, Os lacrimale (Tab. S. 685, Nr. 9), Abb. 334, 352, **354**, 370

Das Tränenbein, Os lacrimale, ist ein reiner Deckknochen, welcher anfangs der Mitte der Seitenwand der knorpligen Nasenkapsel anliegt (Abb. 325, 326) und bei der Einverleibung dieser Gegend in die Augenhöhle so zu stehen kommt, daß er zum größten Teil der Wand der Orbita, nur zum geringsten Teil der freien Gesichtshälfte angehört (Pars orbitalis und Pars facialis). Beim Menschen ist die letztere Partie auf ein kleines Knochenstück reduziert, welches aus dem übrigen Knochen vorspringt, den inneren Teil des unteren Augenrandes erreicht und bilden hilft: Hamulus lacrimalis (Abb. **354**). Bei anderen Rassen als bei Europäern erreicht der Hamulus den Augenrand viel seltener. Das Lakrimale ist gewöhnlich viereckig, manchmal siebartig

durchlöchert, ist aber an Größe und Form überhaupt sehr wechselnd und kann ganz fehlen. Die benachbarten Knochen ersetzen es dann ganz. Sie sind aber auch bei vorhandenem Lakrimale am Abschluß des Tränennasenganges beteiligt (Ductus nasolacrimalis). So ist der Sulcus lacrimalis des Tränenbeins vom Processus frontalis des Oberkiefers zur Fossa sacci lacrimalis ergänzt, in welcher der Tränenkanal beginnt (Abb. 354). Nach unten zu setzt sich der Sulcus lacrimalis auf den Processus lacrimalis der unteren Muschel fort.

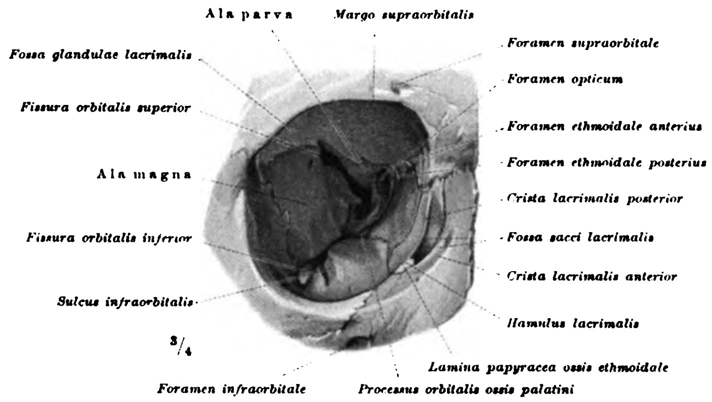


Abb. 354. Rechte Augenhöhle, von vorn. Schematische Farben siehe Abb. 334.

Die beim Lakrimale üblichen Fachausdrücke.

A. Ränder des Knochens (Abb. 354).

Sutura lacrimomaxillaris mit Stirnfortsatz des Oberkiefers (grün).
Sutura lacrimoethmoidalis: mit Papierplatte des Siebbeines (karmin).
Sutura lacrimoconchalis: mit Processus lacrimalis der unteren Muschel (Abb. 352).
Sutura frontolacrimalis: mit Pars orbitalis des Stirnbeins (hellbraun).

B. Außenfläche des Knochens (Abb. 354).

Crista lacrimalis posterior: hinterer Rand der Grube für den Tränensack. Hinter ihr liegt die ebene Fläche des Knochens, welche von der Lamina papyracea des Siebbeines fortgesetzt wird. Vor ihr liegt:
Sulcus lacrimalis: er bildet mit der gleichnamigen Furche der Maxilla die Nische für den Tränensack.
Fossa sacci lacrimalis: zwischen Crista lacrimalis anterior des Processus frontalis der Maxilla und Crista lacrimalis posterior des Lakrimale. Inhalt: Saccus lacrimalis, Tränensack.
Hamulus lacrimalis: Fortsatz, welcher sich in die Incisura lacrimalis der Maxilla einschiebt (zwischen Stirnfortsatz und Facies orbitalis des Oberkiefers) und den Saccus lacrimalis von außen und vorn umgreift.

C. Innenfläche des Knochens (Abb. 352).

Sie schließt einzelne Siebbeinzellen nach außen zu ab (Facies ethmoidalis) und ist im Bereich des mittleren Nasenganges an der lateralen Nasenwand beteiligt. Ist das Lakrimale herausgebrochen, so wird der Processus uncinatus des Siebbeines von der Augenhöhle aus an seiner Wurzel sichtbar.

D. Ossifikation.

Ein Knochenzentrum im 3. Fötalmonat (Teilungen des Knochens in zwei werden auf zwei Ausgangszentren bezogen).

Nasenbein, Os nasale (Tab. S. 685, Nr. 10), Abb. **334**, 352, 353, 370, 392

Das Nasenbein, Os nasale, ist ein Deckknochen, welcher jederseits vorn oben auf der knorpligen Nasenkapsel des Embryo erscheint (Abb. 325, 326). Der entwickelte Knochen ist länglich viereckig, aber sehr wechselnd an Länge und Breite. Die Form der Apertura piriformis wird durch ihn mit beeinflußt (Abb. 392). Diese hat Birnform, wie der Name sagt, nur bei schmalem hohem

Gesicht (Abb. 334a). Dabei ist nicht nur die Länge der Nasalia, sondern auch ihre Richtung maßgebend. Letztere bestimmt vor allem die Form der Nasenwurzel. Bekannt ist das ästhetische Ideal des antiken Profils, welches steilgestellte Nasalia voraussetzt (Abb. 330). Tief eingesenkte Nasenbeine setzen dagegen die Nasenwurzel scharf gegen die Stirn ab.

Der obere Teil des Knöchelchens ist dick, der untere dünn und zugeschärft. Den Rand gegen die knorplige Nase zu kann man beim Lebenden leicht durchtasten. Der untere dünnere Teil bricht durch äußere Gewalt gelegentlich, ist aber so fest durch die Umgebung fixiert, daß die Fraktur schneller als irgendwo sonst heilt.

Die beim Nasale üblichen Fachausdrücke.

A. Ränder des Knochens (Abb. 334).

Sutura nasofrontalis: mit der Pars nasalis des Stirnbeins (hellbraun), rauh gezahnt.

Sutura nasomaxillaris: mit dem Processus frontalis des Oberkiefers (grün).

Sutura internasalis: zwischen beiden Nasenbeinen, leicht geschlängelt und meistens nicht genau median (Abb. 392). Sie stützt sich mit einer firstförmigen Verdickung auf den Nasenfortsatz des Stirnbeines und die Lamina perpendicularis des Siebbeines und ist oft zu einem Plättchen verlängert, welches diese Knochen bedeckt (ein- oder doppelseitig, Abb. 353). Wird die Nase mit Gewalt eingedrückt, so bricht die knöcherne Nasenscheidewand.

B. Außenfläche.

Foramina nasalia: feine Löcher, unbeständig. Inhalt: Zweige des R. nasalis externus des N. ophthalmicus (Va), der aber oft zwischen Nasale und Knorpel durchtritt; gleichnamige Gefäßästchen aus A. und V. ophthalmica.

C. Innenfläche.

Sulcus ethmoidalis: Rinne in der Längsrichtung des Knochens für den Nervus ethmoidalis anterior, dessen äußerer Endast der R. nasalis externus ist.

D. Ossifikation.

Ein Knochenzentrum im 2.—3. Fötalmonat. Zur Zeit der Geburt liegt unter dem Knochen noch Knorpel, der aber allmählich verschwindet. Aus dem Vorkommen eines geteilten Nasale wird geschlossen, daß 2 oder 3 getrennte Knochenzentren vorkommen können.

Pflugscharbein, Vomer (Tab. S. 685, Nr. 11), Abb. 350, 351, 353

Das Pflugscharbein, Vomer, hat seinen deutschen Namen, weil der unregelmäßig viereckige Knochen mit der Spitze nach vorn wie das genannte Ackergerät auf dem Boden der Nasenhöhle steht (Abb. 353). Auf ihm ruht vorn das Knorpelgerüst der Nase, hinten die Pars perpendicularis des Siebbeines (zwischen ihm und letzterer ist häufig ein Knorpelfortsatz der Cartilago septi eingeschaltet: Processus sphenoidalis). Der Knochen steht selten median, er kann die betreffende Nasenhöhle außer durch seine Deviation im ganzen auch durch einen oder mehrere Knicke beträchtlich einengen, Cristae septi nasi (Abb. 351). Nach hinten zu stützt er allein die Zwischenwand zwischen den Choanen der Nase: Septum choanarum (Abb. 350, 371).

Die beim Vomer üblichen Fachausdrücke.

Alae vomeris: zwei Blätter am oberen Rand des Knochens, welche von hinten das Rostrum des Keilbeins umfassen (Abb. 338). Sie stoßen an die Proc. vaginales des Keilbeines und weiter vorn an die Proc. sphenoidales der Gaumenbeine.

Canales vomerobasilares: ein medianes unpaares Kanälchen und rechts und links zwei seitliche Kanälchen. Sie sind sehr variabel und können fehlen. Alle 5 laufen sagittal und parallel dem Vidischen Kanal. Das unpaare mediane Kanälchen wird durch die auseinanderweichenden Alae des Vomer begrenzt: Canalis vomeris. Inhalt: Bindegewebe und kleine Venen. Die beiden paarigen Kanälchen liegen nebeneinander (Abb. 338) oder übereinander. Das mediale obere liegt zwischen der Ala vomeris und dem Keilbeinkörper: Canalis basipharyngeus. Inhalt: Bindegewebe und kleine Venen. Das laterale (untere) Kanälchen wird nicht immer von der Ala vomeris erreicht.

Es liegt am häufigsten zwischen dem Processus sphenoidalis des Gaumenbeines, dem Processus vaginalis des Keilbeines und der Basis des Schädels. Es heißt Canalis pharyngeus. Inhalt: ein Ästchen der Nn. nasales superiores posteriores laterales (Vb) zum Pharynx und die Arteria pharyngea suprema aus A. maxillaris interna.

Ossifikation: 2 Knochenkerne in der 8. Fötalwoche am unteren Rand des knorpligen Septum, welche unter dem Septum verschmelzen und auf beiden Seiten desselben in die Höhe wachsen. Erst zur Zeit der Pubertät ist der Knorpel zwischen ihnen verdrängt; Knorpelreste können sogar zeitlebens bestehen bleiben. Die Alae vomeris sind Reste der paarigen Knochenplatten, die sonst verschmelzen. Die Pflugschar ist trotz der tiefen Lage ein reiner Deckknochen.

Oberkiefer, Maxilla (Tab. S. 685, Nr. 12), Abb. 334, 335, 351, 352, 354, 355, 370, 373

Der Oberkiefer, Maxilla, entsteht als Deckknochen außerhalb der knorpligen Nasenkapsel. Er tritt beim menschlichen Embryo in den unteren offenen Teil der lateralen Nasenwand unterhalb der unteren Muschel ein, welcher selbst nicht mehr knorplig angelegt, sondern nur bei niederen Wirbeltieren zu einer einheitlichen Knorpelkapsel zusammengeschlossen ist (vgl. Abb. 317 mit 325, 331). So wird die Maxilla mit dem ihr einverleibten, ursprünglich selbständigen Inzisivum ein wichtiger Baustein für die Begrenzung der Nasenhöhle. Der größte pneumatische Nebenraum der Nase, der Sinus maxillaris (Highmori), senkt sich in die Maxilla, nachdem weiter oberhalb die knorplige Nasenwand verschwunden ist (Abb. 331). Die Größe des Oberkieferknochens bestimmt die Möglichkeiten der Ausdehnung der Highmorshöhle. Doch macht diese von der Gelegenheit in sehr wechselndem Umfang Gebrauch. Es gibt Höhlen von geringer Dimension, die das Niveau des Gaumens nicht erreichen und in deren Boden die Wurzeln der Molarzähne versenkt liegen (Abb. 351). Nur beim Mann kommen voluminöse Höhlen vor, welche über das Niveau des Gaumens hinabsteigen; sie umgreifen die Alveolen der Molaren, erreichen die Wurzeln der Prämolaren oder sogar des Eckzahns. Man kann von der Alveole eines frisch gezogenen Backzahnes aus (am besten des zweiten Molarzahnes) das dünne Knochenseptum des Alveolenbodens leicht durchstoßen; bei Zahnextraktionen wird die Kieferhöhle manchmal unbeabsichtigt eröffnet. Bei Zahndefekten, die länger zurückliegen, ist die Alveole dagegen mit Knochensubstanz gefüllt, und der Abstand von der Kieferhöhle ist größer. Die künstliche Kommunikation mit einer Alveole schließt sich sehr schnell, so daß die Abflußverhältnisse für Ergüsse in die Kieferhöhle nicht günstig sind, wenn auch die Öffnung am tiefsten Punkt der Höhle liegt (z. B. für Eiter). Der Weg von der Gesichtsfläche aus, der nach Hochklappen der Oberlippe ohne Entstellung zu erreichen ist, wird vom Chirurgen vorgezogen. Die Kieferhöhle beeinflußt je nach ihrer Größe die dem Gesicht zugewendete Oberfläche des Knochens. Sie ist bei kleiner Höhle dellenförmig vertieft, Fossa canina (Abb. 370; mit dem Eckzahn, Dens caninus, hat sie nichts zu tun); bei ausgedehntem Sinus ist die Fossa canina mehr verstrichen. Da am Lebenden zu fühlen ist, ob die Grube tief oder seicht ist, so kann man auf diesem indirekten Weg einen ungefähren Anhalt über die Größe der versteckten Kieferhöhle gewinnen. Besser ist die Feststellung mit Röntgenstrahlen. Auch die Form des Gaumens ist verschieden, je nachdem die Kieferhöhle weiter hinabreicht (flacher Gaumen), oder klein ist (hochgewölbter, schmaler Gaumen). Doch ist dies nur einer der Faktoren, welche die Form des Gaumens beeinflussen (siehe unten). In seltenen Fällen ist die Höhle ganz verkümmert, und zwar ein- oder beiderseitig.

Körper und Fortsätze

Der Oberkieferknochen besteht aus einem großen Körper, Corpus, der hohl ist und daher nur ein geringes Gewicht hat, und aus vier Fortsätzen, von welchen die beiden unteren ebenfalls von der Kieferhöhle aus pneumatisiert sein können. Die Fortsätze wachsen schon früh nach oben, außen, unten und innen aus (Abb. 331); sie verbinden sich nach oben mit dem Stirnbein,

Processus frontalis, nach außen mit dem Jochbein, **Processus zygomaticus**; unten ist der **Processus alveolaris** Träger der Zähne und innen der **Processus palatinus** ein Beitrag des Oberkiefers beiderseits zum knöchernen Gaumen (Abb. 355). Hinter den beiden Gaumenfortsätzen der Oberkiefer, die in der Medianlinie vereinigt sind, liegen die Gaumenfortsätze der beiden Gaumenbeine (Abb. 335). Außen ist der Processus zygomaticus durch das Jochbein selbst in den Jochbogen fortgesetzt (Abb. 334, 103). Gaumen- und Jochbein sind die beiden Deckknochen, welche mit dem Oberkiefer am engsten zusammengehören, weil sie mit ihm die obere Hälfte der Kieferzange formen. Denkt man sich alle Fortsätze fort, so hat der Körper die Gestalt eines Keiles mit einer äußeren Basis, der Gesichtsfläche oder **Facies anterior**. Die Schläfenfläche heißt **Facies infratemporalis**, die nasale

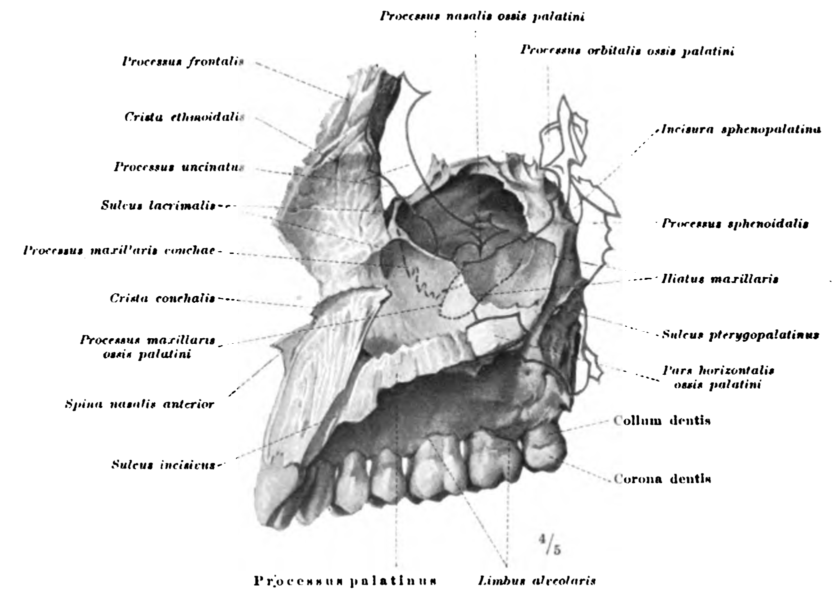


Abb. 355. **Oberkiefer**, Innenseite. Mit roten Konturen das Gaumenbein und der Processus uncinatus des Siebbeines eingetragen (punktiert, soweit der Oberkiefer darüber liegt). Mit schwarzem Kontur der Processus maxillaris der unteren Muschel eingetragen (gestrichelt, soweit er vom Oberkiefer allein, punktiert, soweit er von letzterem und vom Proc. uncinatus überdeckt ist).

Fläche für die Öffnung der Kieferhöhle **Facies nasalis**, und die der Augenhöhle zugewendete Fläche **Facies orbitalis**. An letzterer sieht man am besten, daß die Schneide des Keiles nach hinten und innen gerichtet ist (gegen den hinteren Pol der Orbita, Abb. 354, grün).

Beziehung zum horizontalen Gesichtsprofil

Der keilförmige Körper mit seinen Fortsätzen hat den wichtigsten Anteil an der Profilierung des Gesichtes; der Knochen eröffnet deshalb das Verständnis für grundlegende physiognomische Verhältnisse. Sie sind abhängig von den Beziehungen der Maxilla zu den Kauwerkzeugen, die ursprünglich vor dem Schädelraum des Gehirns gelagert sind (Abb. 327). Bei den Tieren bis hinauf zu den Menschenaffen ist denn auch das Gesicht zur Schnauze nach vorn ausgezogen; selbst beim Neandertaler liegt die Gesichtsfläche der Maxilla, Facies anterior, in der gleichen Flucht wie die Ebene des Jochbogens. Typisch für den rezenten Menschen, besonders für den Europäer, ist dagegen, daß die **Sutura zygomaticomaxillaris** zwischen Jochbein und Oberkiefer wie der First eines Daches geknickt ist (Abb. 96, 103, 334). Diese **horizontale** Profi-

lierung des Gesichtes ist um so deutlicher, je mehr sich der Knochenbau vom tierischen Habitus (Schnauzentypus, Prognathie) entfernt.

Das Zurücktreten des Oberkiefers ist möglich, weil im Anschluß an die Entwicklung des menschlichen Gehirnes die Schädelbasis am stärksten abgeknickt ist (Abb. 327c). Durch die Tiefenlage ihres hinteren (okzipitalen) Teiles ist vorn für die Entfaltung der Nasenkapsel und ihrer Deckknochen Raum geschaffen (Abb. 325). Der Oberkiefer dehnt sich in diesem Raum aus (Abb. 326) und gewinnt hier an Höhe, was er an Ausdehnung nach vorn verloren hat. So werden die veränderten Raumverhältnisse vom Kauapparat ausgenutzt. Dieser ist die eigentliche Ursache der veränderten Kieferstellung; die Basisknickung ist nur die günstige Konstellation, welche von ihm genutzt wird. An die Stelle der Prognathie tritt die Orthognathie, d. h. die Steilstellung des vertikalen Profils: eine von der Nasenwurzel zum Rand der Schneidezahnalveolen gezogene Profillinie des knöchernen Schädels steht bei geradeaus gerichtetem Blick fast genau senkrecht (Abb. 103). Sie steht also fast rechtwinklig zur Horizontalen (Ohraugenebene der Frankfurter Verständigung, S. 691). Der Winkel zwischen der Frankfurter Horizontalen und der Profillinie schwankt zwar bei einem großen Material beträchtlich (77° bis 101°), bei Europäern ist aber der Kiefer am ausgesprochensten orthognath. Beziehung zum vertikalen Gesichtsprofil

Am schwankendsten ist der alveoläre Fortsatz, welcher die Zähne selbst trägt. Für ihn kann man eine besondere Profillinie konstruieren, die man vom unteren Rand der knöchernen Nasenöffnung (Abb. 103, Spina nasalis anterior) bis zum Alveolarrand der Schneidezähne zieht. Bestimmt man den Winkel zwischen dieser subnasalen (alveolären) Profillinie und der Horizontalen, so erhält man viel größere Variationen als bei dem oben genannten Gesamtprofilwinkel des knöchernen Schädels. Die Schwankungen betragen bei verschiedenen Rassen im Mittel 62—86° (individuell sogar 49—100°). Ausgesprochene Orthognathie kommt hier nur individuell vor. Gewöhnlich ist der dem Kieferapparat ursprünglich eigene Schnauzentypus (Prognathie) noch deutlich erkennbar. Im Gesamtprofilwinkel kommt das nicht zum Vorschein, weil der Oberkiefer im Mittelgesicht allgemein steil gestellt ist, und die Nasenwurzel so weit nach vorn rückt, daß sie ungefähr senkrecht über dem Alveolarrand zu liegen kommt. Daraus geht hervor, wie eng die Stellung des Oberkiefers mit der Lage und Richtung der Nasenbeine und des Knorpelskeletts der Nase zusammenhängt und wie sehr von ihr das Profil des Lebenden abhängig ist. Da dazu auch die Einwirkungen der Muskeln gehören, ist später im Zusammenhang darauf zurückzukommen.

Die Zähne für sich können ebenfalls gerade oder schräg stehen, ortho- und prodent. Am Unterkiefer entsprechen die Profillinien im umgekehrten Sinn denjenigen des Oberkiefers des betreffenden Individuums; denn nur wenn der Alveolarfortsatz des Unterkiefers im gleichen Winkel von unten nach oben ausladet wie am Oberkiefer von oben nach unten, können die Zähne aufeinander passen. Individuelle Abweichungen davon sind nicht selten.

Die Zähne, welche in beiden Oberkieferknochen stecken, stehen in einer U-förmigen Linie (Abb. 335). Die hinteren Ränder des U weichen häufig ein wenig auseinander, besonders bei der Frau. Eine Annäherung der hinteren Schenkel dagegen würde, wenn man sich die Linie fortgesetzt denkt, eine Ellipse ergeben. Diese Form ist bei niederen Affen gewöhnlich, aber beim Menschen ist sie nur selten rein vorhanden. Je mehr die Schenkel sich nach hinten strecken und gerade ausrichten, um so mehr können abnorme Kräfte in der Längsrichtung des Gaumengewölbes angreifen und den Knochen im jugendlichen Zustand krankhaft deformieren. Durch eine nicht seltene Veränderung der Rachenschleimhaut (adenoide Vegetationen, siehe Rachentonsille, Bd. II) kann die Nasenatmung bei Kindern fast ganz unmöglich sein. Durch die Mundatmung entsteht dann namentlich im Schlaf ein gleichmäßiger negativer Druck in der Mundhöhle, da die Lippen wie ein Ventil den Luftzutritt hemmen, den Luftaustritt aber freigeben. Diese Kraft nähert die beiden seitlichen Zahnreihen einander, drängt die Schneidezähne nach vorn (prodent) und das Gaumen- Zahnstellung und Gaumengewölbe



dach nach oben. Solche Deformierungen haben mit den historischen Vorläufern der Maxilla und mit Rassenverschiedenheiten des Profilwinkels und der Gaumenhöhle nichts zu tun. Sie sind rein individuell bedingt und nicht normal, sobald sie höheren Grades sind. Der Arzt kann infolge der Kieferveränderung am Gesichtshabitus eines Individuums erkennen, ob Atemanomalien der beschriebenen Art bestehen oder in der Jugend bestanden haben. Der Gesichtsausdruck ist stumpf, ausdruckslos.

Über die Aufnahme des Zwischenkieferknochens, Incisivum, in den Oberkiefer verweise ich auf die allgemeinen Darlegungen (S. 681) und auf das Kapitel Mundhöhle (Bd. II).

Die bei der Maxilla üblichen Fachausdrücke.

A. Corpus.

1. Facies anterior s. facialis (Abb. 373a, 370).

   Margo infraorbitalis: Rand gegen die Augenhöhle zu.

   Foramen infraorbitale: unregelmäßig rundes Loch unterhalb des vorigen. Öffnung des nach abwärts gerichteten gleichnamigen Kanals. Die Kieferhöhle kann in extremen Fällen so weit hinaufreichen, daß der Canalis infraorbitalis von ihr umgriffen wird, und daß Teile der knöchernen Kanalwand ausgespart bleiben. In solchen Fällen kann eine Schwellung der Schleimhaut oder ein Exsudat auf den Inhalt drücken. Inhalt: Nervus infraorbitalis (Vb), Arteria infraorb. aus der Maxillaris interna und Begleitvenen. Eine fast konstante Naht zwischen For. infraorb. und Margo infraorb. ist keine atavistische Knochennaht (Sutura infraorbitalis). Die Vereinigung des Knochens, welcher den Kanal umwächst, ist in solchem Fall gehemmt.

   Fossa canina: unterhalb des vorigen, Ursprungsstelle des M. caninus.

   Incisura nasalis: scharfe Knochenschneide. An ihr sind die Cartilagines alares minores durch Bindegewebe befestigt.

   Apertura piriformis: äußere Öffnung der knöchernen Nase. Die Öffnung wird jederseits zum größten Teil vom Zwischenkiefer umgrenzt (siehe Mundhöhle, Bd. II), oben vom Nasenbein, unten vom Proc. alveolaris der Maxilla (siehe diesen). Die Form verdient den Namen birnförmig nur bei schmaler, langer Nase (sog. „Leptorrhinie“); sonst ist die Breite größer als die Höhe.

2. Facies infratemporalis (Abb. 334b, 335). Sie ist von der vorigen durch den Processus zygomaticus getrennt; nach oben reicht sie bis an die Fissura orbitalis inferior.

   Tuber maxillare: die gerundete Außenfläche, liegt hinter dem Unterkiefer versteckt.

   Trigonum palatinum: mediale schräge Ecke, auf welcher der Processus orbitalis des Gaumenbeins ruht (Abb. 355).

   Foramina alveolaria posteriora: 2—3 kleine Löcher auf dem Tuber maxillare. Inhalt: Nerven und Gefäße für die hinteren Zähne des Oberkiefers; die mittleren und vorderen Zähne werden von den Foramina alveolaria anteriora aus versorgt (liegen im Canalis infraorbitalis). Die Canales alveolares, in welchen alle diese Nerven und Gefäße verlaufen, sind feine Kanälchen gegen die Kieferhöhle zu, die oft nur Rinnen sind, aber durch die Schleimhaut der Kieferhöhle gegen diese abgeschlossen werden. Pathologische Exsudate drücken nicht selten auf den Inhalt der Kanälchen und rufen bei ganz gesundem Gebiß Zahnschmerzen hervor.

3. Facies orbitalis (Abb. 354).

   Sutura ethmoideomaxillaris: mit der Lamina papyracea des Siebbeines (karmin).

   Sutura lacrimomaxillaris: mit dem unteren Rand des Tränenbeines (orange).

   Planum orbitale: die ebene, den Boden der Augenhöhle darstellende Fläche (grün).

   Sulcus infraorbitalis: eine allmählich von hinten nach vorn an Tiefe zunehmende Rinne im Planum orbitale, in welcher A. und N. infraorbitalis liegen (siehe Foramen infraorbitale, oben).

Canalis infraorbitalis: Fortsetzung des vorigen, wird vom Processus zygomaticus nach außen abgeschlossen. Foramina alveolaria anteriora (1—2) innerhalb des Kanals, siehe F. alv. posteriora, oben. Mündet im Foramen infraorbitale der Facies anterior.

Incisura lacrimalis: tiefer Ausschnitt des Randes gegen das Tränenbein; in ihm liegt der Hamulus des letzteren.

4. Facies nasalis (Abb. 355).

Hiatus maxillaris: große, unregelmäßig begrenzte Öffnung, wird durch Einlagerung des Processus uncinatus des Siebbeines, des Processus maxillaris und Processus ethmoidalis der unteren Muschel und durch das Gaumenbein so verkleinert, daß der Eingang in die Kieferhöhle an den obersten Rand ihrer medialen Wand zu liegen kommt und ganz eng ist. Eine akzessorische Schleimhautöffnung kann unterhalb des Processus uncinatus bestehen.

Sulcus lacrimalis: tiefe Rinne vorn vom Hiatus; sie wird durch das Tränenbein und den Processus lacrimalis der unteren Muschel zum Canalis nasolacrimalis abgeschlossen. Inhalt: Tränenkanal; Abfluß des Inhaltes in die Nasenhöhle unter die untere Muschel.

Crista conchalis: zur Anheftung des vorderen Abschnittes der unteren Muschel, zugleich Grenze gegen den Stirnfortsatz.

Sulcus pterygopalatinus: eine Furche am hinteren rauhen Rand der nasalen Fläche. Sie bildet mit den gleichnamigen tieferen Rinnen am senkrechten Teil des Gaumenbeines und am Processus pterygoideus des Keilbeines den Canalis pterygopalatinus. Inhalt: Nervi palatini aus Ganglion sphenopalatinum (Vb) und A. palatina descendens aus Maxillaris interna.

B. Processus (4 Stück).

1. Processus frontalis (Abb. 334).

Sutura frontomaxillaris: mit der Pars nasalis des Stirnbeines (hellbraun).

Margo lacrimalis: hinterer Rand mit dem vorderen Rand des Lakrimale verbunden (orange); Fortsetzung der Sutura lacrimomaxillaris der Facies orbitalis (siehe oben).

Crista lacrimalis anterior: eine scharfe Kante, welche sich vor dem Margo lacrimalis erhebt und die Fossa sacci lacrimalis von vorn begrenzt (Abb. 354).

Sutura nasomaxillaris: mit dem lateralen Rand des Nasenbeines (violett).

Crista ethmoidalis: auf der Innenseite, gegen die Nasenhöhle zu (Abb. 355; trägt die mittlere Muschel, Abb. 352).

2. Processus zygomaticus (Abb. 334).

Sutura zygomaticomaxillaris: mit dem Processus frontosphenoidalis des Jochbeines (hellrot).

Lamina orbitalis: platter Fortsatz; er geht von dem Teil des Processus zygomaticus aus, welcher den lateralen Abschnitt des Bodens der Orbita bildet, und ergänzt den Sulcus infraorbitalis zum Canalis infraorbitalis. Ist die Verwachsung gehemmt, so besteht eine Sutura infraorbitalis (siehe Facies anterior, oben).

3. Processus alveolaris (Abb. 334, 373a). Er begrenzt von unten die vordere Nasenöffnung, schwindet bei Verlust der Zähne.

Alveoli dentales: jederseits 8 Nischen, in welche die Zähne genau passen. Die beiden Nischen für die Schneidezähne gehören zum Zwischenkiefer.

Septa interalveolaria: Trennungswände zwischen den Alveolen.

Limbus alveolaris: der freie untere Rand des Processus alveolaris (Abb. 355).

Juga alveolaria: Vorwölbungen der Alveolen nach dem Gesicht zu, bedingt durch die Zahnwurzeln; beim Lebenden leicht durchzutasten.

Sutura intermaxillaris: Vereinigung der Alveolarfortsätze beider Oberkiefer, meist etwas vorspringend: Crista; an ihr ist das Philtrum der Oberlippe mit einem Ligament angeheftet.

Spina nasalis anterior: die Spitzen beider Alveolarfortsätze sind zu einem Stachel vereinigt, der median am Unterrand der Apertura piriformis nach vorn vorspringt. Er ist deutlich nur beim Menschen und am ausgesprochensten beim Europäer, weil er von der Entwicklung der Weichteilnase abhängt. Bei platten Nasen ist das Stachelchen wenig entwickelt oder abwärts gerichtet. Am unteren Rand der Apertura piriformis verläuft bei tiefstehenden Rassen (Ozeanier, Neger) statt der Spina gegen den Limbus alveolaris zu ein sagittaler seichter Sulcus praenasalis, auch „Affenrinne“ genannt. Sie ist besonders bei Menschenaffen vorhanden. Ein



vor der Spina liegendes transversal gestelltes Feld: Fossa praenasalis ist nicht damit zu verwechseln. Sie ist beim kindlichen Schädel angedeutet und besteht manchmal ausgeprägter am erwachsenen Europäerschädel (besonders bei Prognathie).

4. Processus palatinus (Abb. 335, hellgrün), ist kürzer als der Körper des Oberkiefers. Nach hinten ergänzt das Gaumenbein das fehlende Stück (olivgrün).

Sutura palatina mediana: Vereinigung der beiden Gaumenfortsätze in der Mitte des Gaumens. Sie kann gegen die Mundhöhle verdickt sein, Torus palatinus (selten einseitig).

Sutura palatina transversa: mit der Pars horizontalis des Gaumenbeins. Beim Kind ist ein feiner Fortsatz des Gaumenbeines in eine Spalte des Oberkiefers eingefalzt; beim Erwachsenen ist der Falz in der Regel zurückgebildet, weil andere Verzahnungen das Gaumenbein halten. Entweder bleibt eine schuppenförmige Übereinanderlagerung der beiden Knochen übrig, oder beide stoßen einfach mit rauhen Flächen aufeinander (Abb. 352). Seltener ist ein medianer Fortsatz des Processus palatinus des Oberkiefers, der bis zum hinteren Rand des harten Gaumens reicht, zwischen die Gaumenbeine eingelagert.

Canalis incisivus: jeder Gaumenfortsatz hat einen Sulcus incisivus (Abb. 355); beide vereinigen sich zum gleichnamigen unpaaren Kanal. Er hat noch zwei nasale Öffnungen, jederseits von der Nasenscheidewand. Bis zum Canalis incis. reicht der Zwischenkiefer. Inhalt: zwei getrennte, häufig obliterierte Schleimhautgänge, Stensonsche Gänge. Sie gehören zum rudimentären Jacobsonschen Organ (Bd. II). Auch feine Gefäße und Nerven von der Nase zum Gaumen (Nervi nasopalatini und gleichnamige Gefäße, siehe Vomer).

Foramen incisivum: die unpaare Öffnung des vorigen am Gaumen.

Sutura incisiva: feine Spalte, welche vom Foramen incisivum gegen die Grenze zwischen äußerem Schneide- und Eckzahn hinzieht, Grenze des Zwischenkiefers. Die Linie ist gebogen oder vielfach gewinkelt. Bei Kindern meistens, bei Erwachsenen in etwa 47% der Fälle in Resten vorhanden. Bei Säugetieren ist die Spalte konstant (vgl. Gaumen, Bd. II).

Spinae palatinae, Sulci palatini: rauhe Längsleisten und -furchen auf der Mundhöhlenseite des Gaumenfortsatzes (in Abb. 335 angedeutet, aber nicht bezeichnet). Die Vasa palatina und Nervi palatini, welche vom Gaumenbein herkommen, sind den Furchen eingelagert.

Crista nasalis: von der glatten Fläche des Gaumenfortsatzes, welcher beiderseits den Boden des unteren Nasenganges bildet, erhebt sich eine mediane Leiste; auf ihr ruht der Vomer (Abb. 353). Nach vorn läuft sie in die Spina nasalis anterior aus.

C. Ossifikation.

5 einzelne Knochenherde, welche bereits im 4. Fötalmonat vereinigt sind; außerdem 2 Zentren im Zwischenkiefer. Die Zahnfächer wachsen zuerst aus; für die Schneidezähne bereits im 4.—5. Fötalmonat, für den Weisheitszahn erst nach dem 18. Lebensjahr. Erst im 24.—26. Lebensjahr ist der Alveolarteil fertig. Der Sinus maxillaris beginnt im 5. Embryonalmonat auszuwachsen, hat zur Zeit der Geburt die Größe einer Erbse; weiteres Wachstum vom Beginn der 2. Dentition ab entsprechend der Größenzunahme des Oberkiefers (oder frühzeitige Hemmung).

Gaumenbein, Os palatinum (Tab. S. 685, Nr. 13), Abb. 335, 339, **350**, **352**, 355, **356**, 357

Das Gaumenbein, Os palatinum, liegt hinter dem Oberkieferbein, ist wie dieses ein reiner Deckknochen und ergänzt es beim Aufbau der äußeren Nasenwand und des harten Gaumens. Daher hat es zwei Platten, Pars perpendicularis und Pars horizontalis, welche wie die laterale Nasen- und die Gaumenwand senkrecht zusammenstoßen (Abb. 356). Die Pars perpendicularis wächst entsprechend der Entfaltung der Oberkiefergegend erst ziemlich spät zu ihrer definitiven Größe aus. Die Fülle der Verschiebungsprozesse, welche in der mittleren Gesichtsgegend bei der Umbildung der Schnauze in das orthognathe Profil des Menschen ablaufen, dürfte der Grund dafür sein, daß das Gaumenbein nicht mit den Nachbarknochen verschmilzt. Eingekeilt zwischen Oberkiefer und Pterygoid (Abb. 325, nicht bezeichnet), reguliert es wie ein Pufferknochen durch größeres oder geringeres Randwachstum die Span-



nungen, welchen sonst die Nachbarknochen ausgesetzt wären. Aus dem Verhalten der Belegknochen der Nasenkapsel kann man schließen, daß die einzelnen Knochenindividuen aus ähnlichen Ursachen wie die Eisschollen auf einer bewegten See, die gegeneinander branden, selbständig sind und bleiben.

Das Gaumenbein sendet Fortsätze (5 Stück) in die Lücken zwischen seinen Nachbarknochen und wird dadurch zu einem vielgestaltigen, namenreichen Knochen. Außerdem schließt seine vertikale Hauptplatte eine Spalte ab, welche zwischen dem Flügelfortsatz des Keilbeines und dem Oberkiefer zustande kommt, weil beide Knochen oberflächlich vom Gaumenbein vorquellen, bis sie einander ganz oder fast ganz berühren, Fissura pterygomaxillaris (Abb. 357). Dringt man in die Spalte ein, so gelangt man in die Flügelgaumengrube, Fossa pterygopalatina, und in deren Fortsetzung gegen die Mundhöhle hin, Canalis pterygopalatinus. Das Gaumenbein ist an

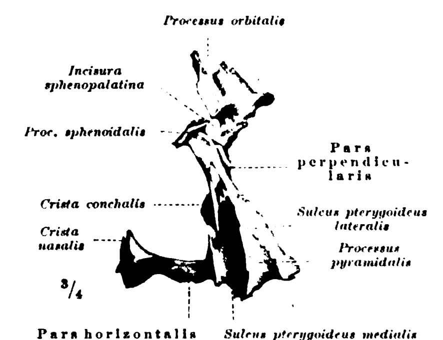


Abb. 356. Gaumenbein, Ansicht von hinten.

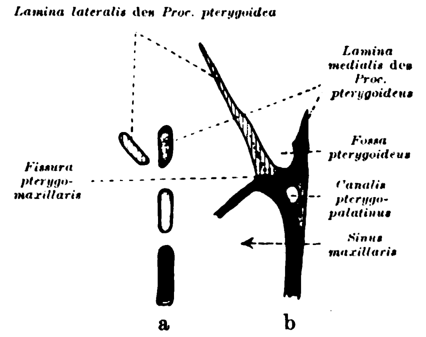


Abb. 357. Entstehung der Flügelgaumengrube, Schema. a) Maxilla (grün), Palatinum (gelb), Processus pterygoideus des Keilbeines (blau) nebeneinander wie in Abb. 325 und 326 (anstatt wie dort von rechts nach links hier von unten nach oben gestellt). Die Lamina lateralis des Flügelfortsatzes schraffiert. b) Die gleichen Farben wie in a), Knochen verschmolzen; die Maxilla ist in eine Knochenblase, die nur teilweise gezeichnet ist, umgewandelt und infolgedessen außen vom Palatinum mit dem Flügelfortsatz vereinigt.

der Grube beteiligt, weil es an ihrem Boden nach wie vor zwischen Oberkiefer und Flügelfortsatz liegen geblieben ist und so die Grube resp. den Kanal gegen die Nasenhöhle abschließt. Nur oben gegen die Schädelbasis zu endet die Pars perpendicularis früher als die Flügelgaumengrube; daher bleibt dort eine Lücke offen, welche in die Nasenhöhle hineinführt, Foramen sphenopalatinum (Abb. 350, 352). Der Name gibt an, daß die Schädelbasis an der betreffenden Stelle vom Os sphenoidale gebildet ist. Das Gaumenbein ist entsprechend dem Foramen tief eingeschnitten: Incisura sphenopalatina (Abb. 356).

Die beim Palatinum üblichen Fachausdrücke.

A. **Pars horizontalis.** Fortsetzung des Gaumenfortsatzes des Oberkiefers nach hinten (Abb. 352, 335); die Gaumenfläche ist glatter als bei letzterem.

Sutura palatina mediana: Vereinigung der beiden Gaumenbeine in der Mittellinie, Fortsetzung der gleichnamigen Naht des Oberkiefers.

Sutura palatina transversa: Naht mit dem Gaumenfortsatz der Maxilla, siehe dort.

Spina nasalis posterior: eine aus Fortsätzen beider Gaumenbeine zusammengesetzte mediane Spitze (Abb. 352); sie springt an der hinteren Nasenöffnung so vor (Abb. 371), wie die Spina nas. anterior an der Apertura piriformis. Sehr variabel. Selten eine Spina bipartita.

Crista nasalis: Fortsetzung der gleichnamigen Krista der Maxilla (Abb. 353), Stütze für den Vomer.

Foramen palatinum majus: großes Loch in der Nähe der Umbiegungsstelle in die Pars perpendicularis, am hinteren Rand des harten Gaumens (Abb. 335). Hauptmündung des Canalis pterygopalatinus, siehe unten.

B. Pars perpendicularis.

Crista conchalis: auf der nasalen Fläche (Abb. 356), zur Anheftung der unteren Muschel (Abb. 352).

Crista ethmoidalis: höher als die vorige, zur Anheftung der mittleren Muschel (Abb. 352).

Sulcus pterygopalatinus: Rinne auf der Außenseite des Knochens (Abb. 350). Sie wird nach unten zu tiefer. Die gleichnamigen Rinnen des Oberkiefers und des Flügelfortsatzes des Keilbeines ergänzen sie zum:

Canalis pterygopalatinus (Abb. 357): mündet mit dem obengenannten Foramen pal. majus. Feine Abzweigungen des Kanals, Canales palatini, münden mit den kleinen Foramina palatina minora (siehe Processus pyramidalis des Gaumenbeins, unten). Inhalt: siehe Maxilla (S. 727).

Incisura sphenopalatina: Kerbe zwischen den beiden oberen Fortsätzen des Gaumenbeines (Abb. 356). Von hier aus läuft anfangs die Fossa und dann der Canalis pterygopalatinus abwärts (Abb. 350). Die Inzisur umschließt mit dem Keilbein das Foramen sphenopalatinum (Abb. 350, 352), welches von der Flügelgaumengrube in die Nasenhöhle führt. Inhalt: Feine Gefäße und Nerven zur Nasenhöhle (Nervi nasales posteriores superiores laterales et mediales aus dem Ganglion sphenopalatinum des N. trigeminus, Vb, und die gleichnamigen Arterien aus der Maxillaris interna).

C. Processus (5 Stück). Nr. 1—2 sind klein, variabel, Nr. 3—5 größer und konstanter.

1. Processus nasalis: Fortsetzung des vorderen Randes (Abb. 355). Er legt sich vor den Hiatus des Oberkiefers und engt diesen von hinten unten her ein.
2. Processus maxillaris: Knochenplättchen, welches den vorigen fortsetzt, aber wie der gleichnamige Fortsatz der Concha inferior über den Rand des Hiatus maxillae übergreift und ihn von hinten her verengert (Abb. 355). An dieser Stelle sind wie die Dachziegel übereinandergeschichtet: a) Die Partes nasales der Maxilla, b) der Processus maxillaris des Palatinum, c) der Processus maxillaris der Concha inferior (in der Reihenfolge von medial nach lateral; die Stelle ist in Abb. 355 daran kenntlich, daß der Kontur der Concha media an ihr schwarz punktiert dargestellt ist).
3. Processus pyramidalis: dicker, prismatischer Fortsatz am Winkel zwischen Pars perpendicularis und Pars horizontalis (Abb. 356). Er paßt in den dreieckigen Ausschnitt zwischen der Lamina medialis und lateralis des Flügelfortsatzes des Keilbeines (Abb. 339). An beiden Seiten des Fortsatzes sind Rinnen, in welche die beiden genannten Laminae eingefalzt sind. Sie heißen: Sulcus pterygoideus medialis und lateralis (Abb. 356). Der Proc. pyram. ist von den oben genannten Canales palatini durchbohrt, welche auf der Gaumenseite in den kleinen Foramina palatina minora frei münden (meistens 2 Stück, siehe Abbildung der Schädelbasis mit Anheftung des Pharynx, Bd. II).
4. Processus orbitalis: er ragt bis zur Augenhöhle empor, ist der kleinste Baustein unter den sie begrenzenden Knochen (Abb. 354, 350). Er hat fünf Flächen: drei Verbindungsflächen (mit dem Siebbein, Keilbein und Oberkiefer) und zwei freie Flächen (gegen die Augenhöhle und die Flügelgaumengrube). Ferner schließt der Proc. orbitalis die untere hintere Siebbeinzelle ab: Cellula palatina.
5. Processus sphenoidalis: ist kleiner als der vorige, viereckig, liegt hinter der Incisura sphenopalatina (Abb. 356). Er biegt medianwärts und nach hinten um und erreicht den Keilbeinkörper und die Ala vomeris, mit denen er den Canalis pharyngeus umschließt (Abb. 338); er umrandet von unten die Öffnung der Keilbeinhöhle (Abb. 352).

D. Ossifikation.

Ein Knochenzentrum im 2.—3. Fötalmonat an der späteren Umbiegungsstelle zwischen Pars horizontalis und Pars perpendicularis (auch mehrere Zentren werden angegeben). Zuerst bildet sich von hier aus die horizontale Platte und der Processus pyramidalis; die senkrechte Platte ist beim Neugeborenen noch niedrig, sie wird erst fertig zur Zeit der Pubertät. Der Processus maxillaris beginnt im 2. Lebensjahr auszuwachsen. Er steht anfangs horizontal und kommt erst der Pars perpendicularis gleich zu stehen, wenn sich der Boden der Kieferhöhle senkt.

Das Joch- oder Wangenbein, Os zygomaticum, ist wie das Gaumenbein als Ausgleichsknochen entstanden; zwischen den Jochfortsätzen des Schläfenbeins, des Oberkiefers und des Keilbeins eingespannt, kann es ein Zuviel oder Zuwenig dieser Knochen beim Aufbau der Jochbrücke kompensieren. Letztere kann, da sie aus mehreren Knochen gebildet wird, den sich in ihr begegnenden, entgegengesetzt wirkenden Wachstumseinflüssen des Kauapparates und des Gehirnvolumens folgen. Beim fertigen Schädel ist der Zusammenhang mit den Nachbarknochen außerordentlich fest. Das Jochbein ist der Schlußstein des Jochbogens. Ehe es nicht herausgelöst ist, sind beim mazerierten Schädel die übrigen Gesichtsknochen nicht voneinander zu trennen.

Jochbein, Os zygomaticum (Tab. S. 685, Nr. 14), Abb. 334, 335, 354, 370

Da beim Menschen die Kauwerkzeuge im allgemeinen schwach entwickelt sind, das Gehirn dagegen mächtig entfaltet ist, so ladet die Jochbrücke verhältnismäßig wenig weit aus. Man sieht sie bei Ansicht des Schädels von unten frei vortreten (Abb. 335), bei Ansicht auf den Scheitel jedoch ist sie nur wenig oder gar nicht sichtbar (Abb. 336, 388). Bei Affen, namentlich bei erwachsenen Menschenaffen stehen die Jochbögen wie die Henkel eines Topfes ab, weil bei ihnen das Gebiß mächtig entfaltet, der Gehirnschädel dagegen weniger entwickelt ist.

Jochbrücke und Gesichtsbreite

Die Breite des Gesichtes ist im Kindesalter beträchtlicher als beim erwachsenen Menschen. Das hängt weniger mit einem relativ stärkeren Vorspringen der Jochbögen als mit der geringen Höhenentwicklung des Gesichtes zusammen. Solange die Zähne nicht durchgebrochen sind, und der Oberkiefer nicht die definitive Höhe erreicht hat, beherrscht der Abstand der Jochbrücken die Proportionen des Gesichtes viel stärker als später. Am klarsten geht dies aus den Zahlen hervor, welche das Verhältnis der Gesichtshöhe (unterer Kinnrand — Nasenwurzel) zur Gesichtsbreite (Jochbogenabstand) angeben. Die Höhe wächst beim Mann vom 6. bis 20. Lebensjahr im Mittel um 7 Indexeinheiten, bei der Frau um eine Einheit weniger (Definitivzahl beim Mann im Mittel 81,1. bei der Frau 80,2). Das Gesicht gewinnt mit anderen Worten weniger an Breite als an Höhe. Deshalb tritt der Jochbogen relativ zurück. Frauen haben wegen der geringeren Zahngröße rundere Gesichter als Männer. Bei anderen Rassen, z. B. bei Japanern, kann die Breite der Backenknochen dadurch bedingt sein, daß die Jochbeine mehr frontal stehen als bei Europäern. Über die Bedeutung des Winkels, welchen die Fläche des Jochbeines mit der Fläche des Oberkiefers bildet, wurde bereits bei letzterem berichtet (S. 724). Die Verbindung des Jochbeines mit Stirn- und Keilbein ist außer beim Menschen nur bei Primaten üblich; sonst kommuniziert bei den Säugern die Augenhöhle mit der Schläfengrube (Abb. 333).

Die beim Zygomatikum üblichen Fachausdrücke.

Lamina malaris: die viereckige Wangenplatte, welche dem Gesicht mit der Facies malaris, der Schläfe mit der kleineren Facies temporalis zugewendet ist (Abb. 334).

Lamina orbitalis: steht rechtwinklig zur vorigen, erstreckt sich in die Orbita (Abb. 354).

Processus frontalis: Fortsatz gegen das Stirnbein. An seinem hinteren Rand besteht oft ein kleines Höckerchen, Processus marginalis, Ansatz der Aponeurosis temporalis (bei Europäern in 50% der Fälle).

Sutura zygomaticofrontalis: zwischen vorigem und dem gleichnamigen Fortsatz des Stirnbeines. Beim Lebenden am oberen Rand der Orbita fühlbar.

Margo sphenoidalis: Rand des Knochens gegen den großen Keilbeinflügel (Abb. 335).

Sutura sphenozygomatica: zwischen Jochbein und Ala magna (Abb. 334b).

Processus temporalis: bildet mit dem gleichnamigen Fortsatz des Schläfenbeines die Jochbrücke.

Sutura zygomaticotemporalis: zwischen den beiden im Namen bezeichneten Knochen; schräg nach hinten gerichtete, zackige Naht.
Sutura zygomaticomaxillaris: zwischen Jochbein und Processus zygomaticus der Maxilla (grün, Abb. 334a).
Tuberositas malaris: Muskelhöcker am unteren Rand in der Sut. zyg. max. oder unmittelbar daneben im Feld des M. masseter (Abb. 370), nicht konstant.
Foramen zygomaticoorbitale: Löchelchen in der Lamina orbitalis, nahe der Fissura orbitalis inferior. Eintritt des Nervus zygomaticus (Vb). Das Knälchen teilt sich innerhalb des Knochens in zwei Äste. Es gibt viele Variationen, auch völliges Fehlen. Die Öffnungen sind gewöhnlich folgende:
Foramen zygomaticotemporale: ein Löchelchen auf der Facies temporalis der Lamina malaris, Austritt des gleichnamigen Nervenästchens.
Foramen zygomaticofaciale: Löchelchen auf der Facies malaris (Abb. 370). Austritt des gleichnamigen Nervenästchens.
Ossifikation:
Ein Knochenkern, welcher zu Ende des 2. oder zu Anfang des 3. Fötalmonats erscheint, bildet eine primäre Knochenplatte (Deckknochen), welche im frühen Kindesalter bereits resorbiert ist. Sekundäre Auflagerungen von Knochensubstanz außen auf dieser Platte, welche schichtenweise abgelagert werden, formen allein das definitive Jochbein. Bleiben von den Spalten zwischen den Schichten eine oder zwei übrig, so entsteht ein Zygomaticum bipartitum oder — sehr selten — tripartitum.

Unterkiefer, Mandibula (Tab. S. 685, Nr. 15), Abb. 334, 358, 359, 370, 371, 373

Der Unterkiefer, Mandibula (s. Maxilla inferior), ist der einzige frei bewegliche Gesichtsknochen. Er entsteht als Deckknochen jederseits auf der Grundlage des MECKELschen Knorpels (Abb. 326). Anfänglich jederseits eine breite, wenig gebogene Platte, wird er später so ausmodelliert, daß der hintere Teil gegen den vorderen im Winkel steht. Die rechts- und linksseitige Anlage verschmelzen kurz nach der Geburt in der Mittellinie zu einem einzigen hufeisenförmigen Knochen. Den horizontalstehenden Teil nennt man: Körper, Corpus mandibulae (Abb. 370), den aufsteigenden Teil: Kieferast, Ramus mandibulae (Abb. 373). Der Astwinkel zwischen Korpus und Ramus ist beim Embryo gestreckt, beim Neugeborenen beträgt er im Durchschnitt noch 150°, beim Erwachsenen nimmt er bis auf 130—120° im Mittel ab (Abb. 326, 103). Doch kommen zahlreiche individuelle Abweichungen vor. Die Variationsbreite des Erwachsenen erstreckt sich zwischen 142 und 88°. Die hohen Werte erklären sich durch Festhalten an dem gestreckten kindlichen Typus. Er beruht auf dem Mangel der Zähne. Dieser Typus kehrt wieder, wenn im Greisenalter nach Zahnverlust die Alveolen verschwunden sind (Astwinkel im Mittel 140—130°). Niedrige Werte des Astwinkels (90° und weniger) sind durch die Größe und Stärke des Gebisses bedingt.

Anthropomorphe Affen haben durchschnittlich einen Winkel von 90°. Beim ungemein plumpen, mächtigen Unterkiefer des Homo Heidelbergensis ist er kaum viel größer (Abb. 358). Beim rezenten Menschen vermindert sich der große Winkel des Neugeborenen während des Durchbruches der Milchzähne und des Zahnwechsels. Aber es spielen außer dem Einfluß der Zähne auch andere Momente mit. Da die Ober- und Unterkieferzähne aufeinander passen müssen und die Stellung der oberen und unteren Schneidezähne zueinander mit von der Größe des Astwinkels abhängig ist, so geht im allgemeinen mit der Verkürzung der gesamten Schädellänge (Brachyzephalie) oder des Gesichtsvorsprunges (Orthognathie) eine Abnahme des Winkels Hand in Hand. Auch ist mit dem Mangel des Kinns ein kleiner Winkel verbunden. Dafür ist der völlig kinnlose Homo Heidelbergensis ein schöner Beleg. Über die Beziehung zur Muskulatur siehe unten.

Primitiver und progressiver Typus

Der Kieferast hat zwei Fortsätze, einen Gelenkfortsatz, Processus condyloides (Abb. 371), und einen Muskelfortsatz, Processus coronoides (Abb. 370). Im allgemeinen ist der erstere etwas größer als der letztere. Der Einschnitt zwischen beiden, Incisura mandibulae, wird um so tiefer, je mehr sich die beiden Fortsätze spezialisieren. Der primitive Typus ist ganz flach (Abb. 358). Je mehr der Muskelfortsatz unter dem Einfluß eines großen mächtigen Kaumuskels steht (M. temporalis), um so breiter und runder ist er;

je mehr jener Kaumuskel zurücktritt, um so spitzer wird der Muskelfortsatz und um so tiefer die Inzisur (Abb. 359). Beim rezenten Europäer wiegen die spitzen Typen mit gotischer Linienführung vor. Die Knochenmasse des Kieferwinkels, Angulus mandibulae (Abb. 373), steht ebenfalls unter dem Einfluß der Muskulatur, speziell des M. masseter und M. pterygoideus internus, welche ihn beiderseits besetzt halten (Abb. 371). Beim primitiven, mächtigen Kiefer des vorgeschichtlichen Menschen haben diese Muskeln genügenden Platz zu ihrer Entfaltung. Der Kontur des Winkels ist deshalb abgerundet (Abb. 358); bei Affen finden wir das gleiche. Beim rezenten Menschen jedoch wird der Kiefer im ganzen zierlicher; die Muskelansatzstellen verharren dagegen mehr in ihrer Größe. Daher springt am Kieferwinkel häufig ein besonderer Fortsatz vor, Processus angularis, besonders bei alten Leuten. Hier ist kein Auswachsen von Knochensubstanz eingetreten, sondern inmitten des Abbaues der Umgebung sind die Muskelansatzstellen wie Erosionskuppen der Erdrinde stehen geblieben, weil die allzeit tätigen Kaumuskeln den Knochen dort, wo sie festsitzen, vor dem Altersschwund bewahren.

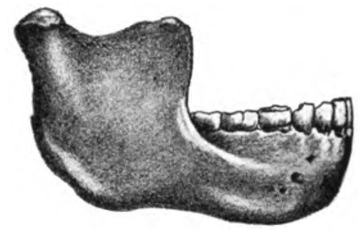


Abb. 358. Unterkiefer des Homo Heidelbergensis (Zeichnung von Th. Mollison).

Bedeutung des Kinns

Der hufeisenförmige Körper des Unterkiefers hat eine so beträchtliche Querspannung, daß die Kieferäste fast lotrecht stehen (Abb. 371). Die Gelenkgruben an der Basis des Schädels bedingen diese Form, welche dadurch abhängig erscheint vom Wachstum des Gehirns, d. h. der Breite der Schädelbasis. Der geräumige Kieferbogen hat wiederum der Zunge Platz zu beträchtlichem Breitenwachstum gegeben. So kommen die muskulösen Organe der

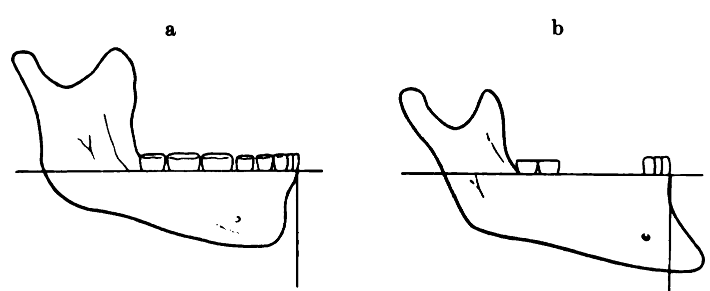


Abb. 359. Negativer und positiver Kieferkontur. a) Australier, b) Europäer (nach Klaatsch, gez. von Th. Mollison).

Sprache und die Zentren im Gehirn zu harmonischer Entfaltung und prägen dem Skelett ihren Stempel auf. Beim rezenten menschlichen Unterkiefer ist das um so auffälliger, weil unsere Kauwerkzeuge weniger entwickelt sind als bei unseren Vorfahren. Niedere Menschenrassen haben noch einen vorspringenden Alveolarteil, welcher die Zähne so weit nach vorn bringt, daß sie den Oberkieferzähnen entsprechen (alveoläre Prognathie). Der Körperkontur tritt gegen ein zum Zahnreihenhorizont senkrechtes Lot zurück, er ist „negativ“ (Abb. 359). Der rezente Mensch hat dagegen einen „positiven“ Kontur, weil der Körper, je schwächer er wird, zum Schutz der erhöhten Querspannung einer Verstärkung bedarf. Diese leistet das Kinn, eine spezifisch menschliche Bildung. Der plumpe Kiefer des Homo Heidelbergensis ist noch ohne jede Andeutung eines Kinns (Abb. 358).

Vom Neandertaler bis zum Europäer liegt die ganze Entwicklungsreihe des Kinns von den ersten Anfängen bis zur vollen Entfaltung vor. Beim Fötus schließen kleine Knöchelchen, **Ossicula mentalia**, die klaffende Symphyse zwischen den anfänglich getrennten Unterkieferknochen und vereinigen beide kurz nach der Geburt. Ihnen entspricht außen ein dreieckiger Vorsprung, **Protuberantia mentalis**, der durch aufgelagerte periostale Lamellen erhöht wird. Diese Skulptur der Außenfläche ist das wahre, dem Menschen allein eigene Kinn, welches individuell außerordentlich verschieden stark vorspringt (Abb. 334, 103). Sind die beiden äußeren Ecken des Kinndreiecks, **Tubercula mentalia**, besonders kräftig entwickelt, so bekommt das Kinn beim Lebenden eine stark eckige Form, ein Schnitt, welcher physiognomisch sehr eindrucksvoll sein kann. Ist der Kiefer zahnlos geworden, so kann ein spitz vorspringendes Kinn vorgetäuscht werden, weil der Unterkiefer um die Höhe der verlorenen Zahnreihen gehoben wird und stärker vorspringt als vordem (Abb. 389). Das typische Greisenprofil beruht also nicht auf einer prominenten Protuberantia mentalis, sondern auf einem Vorstehen des Gesamtkörpers des Unterkiefers.

Beziehung zu den Zähnen

Ein besonderer Vorsprung des Unterkiefers umschließt die Fächer für die Zähne, **Processus alveolaris**. Er entspricht dem gleichnamigen Fortsatz des Oberkiefers (Abb. 373); beide müssen zueinander passen, damit die Schneidezähne beim Biß wie die Schneiden einer Schere aneinander vorbeigeführt werden können (die BNA nennen den Zahnfortsatz des Unterkiefers „Pars“ alveolaris, den des Oberkiefers „Processus“ alveolaris; diese Verschiedenheit in der Benennung paßt wenig zu der Entstehung und Konkordanz beider Knochenstücke und ist deshalb hier vermieden).

In den folgenden Kapiteln (Kiefergelenk und mimische Muskeln) wird die Gesamtform und manche Einzelheit der Knochenskulptur des Unterkiefers noch weitere Erklärung finden. Hier sei eine Zusammenstellung der üblichen Namen angefügt.

Die bei der Mandibula üblichen Fachausdrücke.

A. Corpus mandibulae.

1. **Außenfläche** (Abb. 334, 370, 373a):

Basis mandibulae: der untere Rand des Körpers. Die Außen- und Innenfläche des Knochens gehen hier gerundet ineinander über. Legt man den Unterkiefer auf eine plane Unterlage, so ruht er meistens mit beiden Winkeln und einem Punkt unterhalb des 1. Molarzahnes auf, da an einer Seite die Basis unter dem Molarzahn stärker vorspringt als auf der anderen. Wegen dieser regelmäßigen Asymmetrie ruht er fest auf 3 Punkten. Springen dagegen die Anguli weniger vor, so ruht er nur auf 2 Punkten (beiderseits unterhalb eines der Molaren), also im labilen Gleichgewicht: „schaukelnder Unterkiefer“, beim Europäer selten.

Protuberantia mentalis: Kinndreieck, beginnt oben schmal zwischen den mittleren Schneidezähnen und verbreitert sich gegen die Basis bis jederseits zum:

Tuberculum mentale: verschieden stark ausgeprägter Höcker vorn an der Basis mandibulae. Zwischen den beiden Tuberkula ist meistens der Kontur median etwas eingezogen (Abb. 334a). Gewöhnlich liegt weiter labial ein besonderes kleines Höckerchen (**Tuberculum laterale**), welches den Ansatz der Kinnmuskeln lateral begrenzt (Platysma, Quadratus labii inferior, Triangularis, Abb. 370). Es kann mit dem Tuberculum mentale verschmolzen sein.

Foramen mentale: ein Loch oberhalb und lateral vom Tuberc. mentale (meistens unterhalb des 2. Prämolarzahnes, beim Fötus weiter vorwärts), Mündung des Canalis mandibulae, manchmal verdoppelt oder verdreifacht. Austritt des Nervus mentalis und der gleichnamigen Gefäße.

Linea obliqua: eine schräge glatte Knochenleiste, welche den vorderen Rand des Processus coronoides auf den Körper fortsetzt (Abb. 370). Sie läuft in der Gegend des 2. Molarzahnes aus.

2. **Innenfläche** (Abb. 371):

Spina mentalis: ein medianer Höcker, welcher aus dem Verschluß der Symphyse durch die Kinnknöchelchen entstanden ist und daher der äußeren

Protuberantia mentalis entspricht. Wie das Kinn ist er nur beim Menschen vorhanden. Ursprung der beiden Mm. genioglossi (meistens 2 kleine nebeneinander liegende Knochenspitzchen) und der Mm. geniohyoidei (eine kleine mediane Leiste unterhalb der vorigen).

Fossa digastrica: Insertion des M. digastricus in einer mehr oder weniger tiefen Delle beiderseits nahe dem unteren Rand des Knochens.

Fovea sublingualis: oberhalb der vorigen, Einbuchtung für die Glandula sublingualis (siehe Speicheldrüsen, Bd. II).

Linea mylohyoidea: trennt die Fossa digastrica von der Fovea sublingualis, nach oben hinten schräg aufsteigend. Ansatz des gleichnamigen Muskels, welcher den Mundhöhlenboden bildet. Nur der oberhalb der Linea mylohyoidea liegende Teil der Innenfläche des Unterkiefers gehört zur Mundhöhle, der unterhalb liegende Teil dagegen nicht (Abb. 365). Der Mundhöhlenteil springt namentlich hinten stark vor: Zahnlade für die Mahlzähne.

Sulcus mylohyoideus: unterhalb der vorigen, namentlich hinten gegen den Ramus zu und auf diesem hinaufreichend bis zum Foramen mandibulare. Rinne für den gleichnamigen Nerv (Vc) und Gefäße.

Fovea submaxillaris: flache, oft schwer sichtbare Delle hinter und unter der Linea mylohyoidea; Abdruck der Glandula submaxillaris (Abb. 371; siehe auch Speicheldrüsen, Bd. II).

B. Processus alveolaris (Abb. 334).

Limbus alveolaris: freier, bogenförmiger Rand. Der Bogen ist infolge der Reduktion des menschlichen Gebisses etwas kleiner als der Bogen des Körpers; er tritt namentlich außen seitlich gegen das Korpus zurück. Der Limbus entspricht dem gleichnamigen Rand des Oberkiefers.

Juga alveolaria: Vorsprünge der Zahnfächer an der Außenseite, namentlich vorn.

Alveoli dentales: beim Erwachsenen 16 Fächer für die Zähne.

Septa alveolaria: Scheidewände zwischen den Zahnfächern.

C. Ramus mandibulae (Abb. 370, 371, 373 a):

Angulus mandibulae: ein beim Lebenden deutlich fühlbarer, bei mageren Menschen sichtbarer Knochenwinkel am Übergang des Kieferkörpers in den -ast. Gelegentlich der Sitz eines Vorsprunges, Processus angularis.

Crista buccinatoria: schwache Kante innen von der Linea obliqua, Ursprungsfeld des M. buccinator. Die Oberfläche des Astes gehört von hier ab auf die Zähne zu der Mundhöhle an.

Tuberositas masseterica: Rauhigkeit für das Insertionsfeld des M. masseter.

Tuberositas pterygoidea: der vorigen gegenüber an der Innenfläche des Astes, für das Insertionsfeld des M. pterygoideus internus.

Foramen mandibulare: ansehnliches Loch etwa in der Mitte der Höhe der Innenfläche, manchmal verdoppelt, führt schräg in den:

Canalis mandibulae: durchzieht den ganzen Knochen vom For. mandibulare bis zum For. mentale mit ziemlich gleichem Querschnitt, von da ab plötzlich enger bis zum vordersten Schneidezahn. Inhalt: N. alveolaris inferior (Vc) und gleichnamige Gefäße für die Zähne des Unterkiefers (Abb. 365). Die scheinbaren Endäste des Nervs und der Gefäße verlassen das For. mentale, daher von dort ab die Verengung des Hauptkanals.

Lingula mandibulae: Knochenzacke innen vom Foramen mandibulare, Ansatz des Lig. sphenomandibulare des Kiefergelenkes.

Processus coronoides: der Name stammt vom Vergleich mit einem Krähenschnabel. Ansatz des M. temporalis.

Processus condyloides: Gelenkfortsatz des Unterkiefers.

Capitulum processus condyloidis: der eigentliche Gelenkkopf, überknorpelt, von der Form einer quergestellten Walze (meist 3 mal so breit wie tief); starke, individuelle Verschiedenheiten.

Collum processus condyloidis: Einschnürung unterhalb des vorigen (Abb. 371).

Fovea pterygoidea: leichte Höhlung vorn am Hals, Ansatz des M. pterygoideus externus.

D. Ossifikation.

Bereits im 2. Fötalmonat entsteht der Deckknochen. Er kann das l. Zentrum des Schädels überhaupt sein (vom 39. Tag an; Zentren im Ober- und Zwischenkiefer entstehen gleichzeitig oder kurz nachher; dann erst folgen

solche am Hirnschädel). Der aus dem MECKELschen Knorpel hervorgehende Ersatzknochen reicht vom Foramen mentale bis zur Medianlinie. Vielleicht gehen die Ossicula mentalia aus Resten des MECKELschen Knorpels hervor, welche in der Symphyse übrig bleiben. Sie entstehen nie früher als am Ende des 8. Fötalmonats oder kurz vor oder nach der Geburt. Der Gelenkknorpel des Processus condyloides geht aus der bindegewebigen Anlage hervor. Ein Zusammenhang mit dem MECKELschen Knorpel ist nicht sichtbar. Ebensowenig bei Spuren von Knorpel, die man am Angulus, Processus coronoides und an den Alveolarrändern gefunden hat.

Zungenbein, Os hyoides (Tab. S. 685, Nr. 16), Abb. 360

Das Zungenbein, Os hyoides, gehört wie der Unterkiefer zum Viszeralskelett, ist aber nicht wie dieser in den Schädel eingetreten. Es gibt aber als Varietäten beim Menschen noch innige Zusammenhänge zwischen ihm und dem Griffelfortsatz des Schläfenbeines. Es liegt bei geradeaus gerichtetem Blick an der Knickstelle des Halses zwischen horizontalem und vertikalem Halskontur. Der Körper, Corpus, mit den größeren Hörnern, Cornua majora, hat Hufeisenform; sie ist der ganzen Länge nach durch die Haut zu fühlen. Wegen der exponierten Lage sind Brüche möglich, welche den Schluckakt

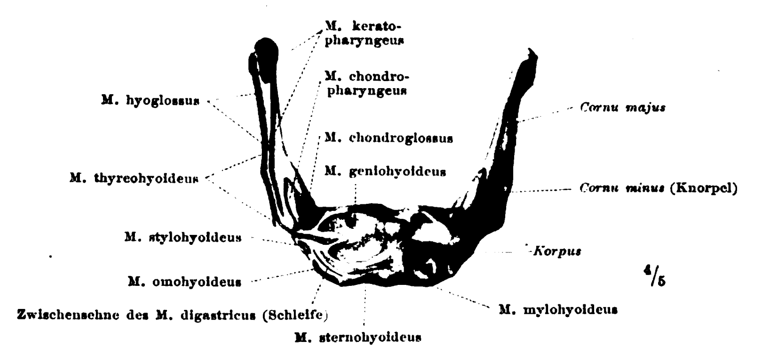


Abb. 360. Zungenbein, auf der einen Seite die Muskelansätze, rot Ursprünge, blau Insertionen.

erschweren. Die kleinen Zungenbeinhörner, Cornua minora, liegen versteckt in der Muskulatur und können, da sie meist knorplig sind, nicht getastet werden. Da sie mit dem Griffelfortsatz des Schläfenbeines jederseits durch ein Band verbunden bleiben (Abb. 318, schraffiert), so ist das Zungenbein im ganzen genötigt, jede seitliche Bewegung des Kopfes mitzumachen. Die feinere Skulptur des Knochens ergibt sich aus den Beziehungen zur Muskulatur (Abb. 360). Über die biologische Bedeutung wird erst bei den Schluckbewegungen Aufschluß gegeben werden können (Bd. II).

Die beim Zungenbein üblichen Fachausdrücke (Abb. 360).

Corpus ossis hyoidis: quergestellte, rechteckige Knochenplatte; vorn rauh und leicht konvex, hinten glatt und tief konkav. Die Vorderfläche zerfällt in vier Muskelfelder für 12 Halsmuskeln (M. sternohyoideus, thyreohyoideus, omohyoideus, geniohyoideus, mylohyoideus und stylohyoideus, in je 1 Exemplar rechts und links).

Cornu majus: ein jederseits seitlich am Körper angefügter langer dünner Knochenstab, welcher sich nach dem Ende zu allmählich verjüngt, aber mit einem Knöpfchen abschließt. Die Verbindung mit dem Körper ist verknöchert oder knorplig, seltener gelenkig oder bindegewebig. Anheftungen: M. hyoglossus, thyreohyoideus, Constrictor pharyngis medius (s. „kerato"pharyngeus).

Cornu minus: sitzt hinter dem großen Horn und springt von dessen Verbindung mit dem Körper schräg nach hinten vor. Meistens ein kleiner kegelförmiger Fortsatz aus Knorpel, manchmal verknöchert, selten knöchern mit dem Korpus vereinigt (bei alten Leuten). Das Ligamentum stylohyoideum verbindet das

kurze Horn mit dem Griffelfortsatz des Schläfenbeines. Es geht wie die beiden Skelettstücke aus dem 2. Viszeralbogen hervor (Abb. 318) und enthält nicht selten Knorpel- oder Knochenstäbchen, welche in das Band als Reste des Viszeralbogens eingeschaltet sind. Der Griffelfortsatz kann so lang sein, daß er das Zungenbeinhorn berührt oder umgekehrt, das „kurze" Zungenbeinhorn kann so lang sein, daß es den nicht übermäßig langen Griffelfortsatz erreicht. Bei Wiederkäuern erreichen sie einander stets (Abb. 333). Anheftung: M. constrictor pharyngis medius (s. „chondro"pharyngeus) und M. chondroglossus.

Ossifikation.

Gegen Ende der Schwangerschaft treten im Knorpel Ersatzknochen auf (ein Zentrum oder ein Zentrenpaar im Körper, je ein Zentrum im langen Horn). Das kurze Horn erhält erst lange nach der Geburt einen Kern, falls es überhaupt verknöchert. Synostose zwischen Körper und langem Horn, falls überhaupt, dann in mittleren Lebensjahren.

Kehlkopfknorpel, Cartilagines laryngis (Tab. S. 685, Nr. 17)

Die Kehlkopfknorpel, Cartilagines laryngis, gehören zum Teil sicher, zum Teil mit Wahrscheinlichkeit zum Kopfskelett (Abb. 318), sind aber stets ohne Zusammenhang mit dem Schädel. Von den Muskeln des Halses sind einige an dem vordersten Knorpel, dem Schildknorpel, Cartilago thyreoidea, angeheftet. Man kann ihn oft durch die Haut hindurch sehen, namentlich beim Mann (Adamsapfel, Abb. 397), und immer durch Betasten am Lebenden leicht feststellen. Das Kehlkopfskelett wird erst bei den Eingeweiden besprochen werden (Bd. II).

c) Die unbeweglichen Verbindungen und die innere Struktur der Schädelknochen.

Schädelnähte

Mit Ausnahme des Unterkiefers, dessen Gelenkverbindung mit dem Schläfenbein im Zusammenhang mit der Kaumuskulatur behandelt werden soll und mit Ausnahme des stets frei beweglichen Zungenbeines und Kehlkopfes, welche ebenfalls hier ausscheiden, sind alle übrigen Kopfknochen zu einer festen Kapsel unbeweglich miteinander verbunden. Beim Fötus sind die Ränder der Schädelknochen nirgends miteinander in Berührung; im ersten Lebensjahr entstehen gerade oder leicht wellig verlaufende Berührungslinien, Harmoniae (Abb. 361 a). Sie bleiben im Gesicht, wo manche „Nähte" (z. B. Sutura internasalis, S. nasomaxillaris) geradlinig verlaufen und auch an den meisten Stellen der Innenseite der Gehirnkapsel zeitlebens bestehen. An der Außenseite der letzteren jedoch wachsen gleichsam beide Nachbarknochen von Punkt zu Punkt um die Wette, wer dem anderen zuvorkommt. So gibt es meistens Zackennähte, Suturae serratae, bei welchen ein Knochen alternierend in den anderen hineingreift (Abb. 361 b). Die Länge der Zacken, d. h. die Breite der Naht ist sehr verschieden; unabhängig davon ist die Feinheit der Zackenlinien variabel. Schmale Nähte können sehr feine Zackung oder breite Nähte sehr grobe Zackung haben und umgekehrt. An den Stellen, an welchen die Schädelknochen zuletzt aufeinandertreffen (Fontanellen), sind die Nähte am wenigsten gezackt, während da, wo die Berührung am ersten eintritt, die kompliziertesten Verzapfungen beobachtet werden. Manchmal sind die mazerierten Knochen nicht ohne Absprengung von Stücken der Naht auseinanderzubringen. Die Naht kann schräg zur Oberfläche stehen, wenn die Außenfläche eines der beiden aufeinanderstoßenden Knochen stärker wächst als die Innenfläche. So entsteht die Schuppennaht, Sutura squamosa; sie ist nach der Schläfenbeinschuppe genannt, für welche sie charakteristisch

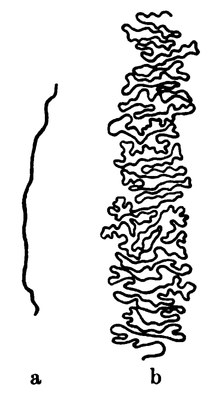


Abb. 361. Entgegengesetzte Typen von Schädelnähten. a) Harmonia. b) Sutura serrata (Zeichnung von Th. Mollison).

ist (Abb. 343). Ein Knochen kann innerhalb der gleichen Naht mit der Außenfläche über den Nachbar übergreifen oder vor ihm zurückweichen, z. B. das Stirnbein in der Kranznaht (oben ist die Außenfläche größer als die Innenfläche. unten kleiner als letztere).

Zwischen den Knochen liegt eine bindegewebige Nahtmasse, welche durch zahlreiche SHARPEYsche Fasern mit dem Innern der Knochensubstanz selbst verbunden ist. Sie bleibt im allgemeinen so lange bestehen, als der Schädel noch wächst. Die Nähte geben anfänglich den Wachstumsbewegungen und minimalen passiven Bewegungen der Knochen, z. B. unter der Einwirkung der Gefäßpulsation des Gehirns, auch gröberen Druckeinwirkungen von außen auf den Schädel nach (z. B. bei Zangengeburt), werden aber schließlich zu ruhenden Zahngesperren und verknöchern vom 20. bis 30. Lebensjahr ab, meistens erst in mittleren Lebensjahren, am frühesten auf der Innenfläche, später auf der Außenfläche der Gehirnkapsel.

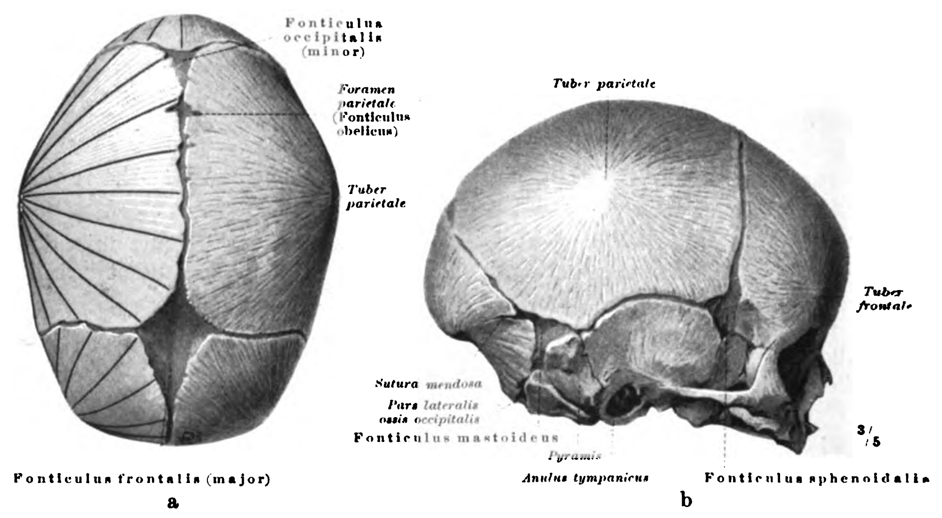


Abb. 362. Schädel des Neugeborenen. a) Scheitelansicht. In die rechte Schädelseite sind die Spannungstrajektorien eingetragen (Schema), linke Schädelseite mit natürlicher Streifung. b) Seitenansicht. Ohne Unterkiefer.

Am frühesten schließt sich die Sagittalnaht, besonders bei Kurzköpfen; manchmal, besonders bei Langköpfen, geht die Kranznaht voran. Man kann an der gleichen Naht streckenweise Verschiedenheiten feststellen, je nachdem die Obliteration noch eine verwischte Nahtlinie oder gar nichts übrig läßt. Die Namen der Nähte sind bei den einzelnen Knochen, zwischen denen sie liegen, aufgezählt.

Fontanellen

Beim fötalen und kindlichen Schädel lassen die Knochen der Gehirnkapsel größere Lücken frei, weil sie abgerundete Ecken haben. Diese Lücken, Fontanellen, Fonticuli, sind mit einer straffen Bindegewebsmembran geschlossen, welche um so mehr verkleinert wird, je mehr die Ecken der Schädelknochen auswachsen. Die Fontanellen erleichtern die Verschiebungen der Schädelknochen (S. 671), besonders während der Geburt. Ihre Form richtet sich nach der Zahl der angrenzenden Knochen. Der Geburtshelfer bestimmt bei der kreißenden Frau nach der Form der tastbaren Fontanelle die Lage des kindlichen Kopfes. Beim Neugeborenen ist die Stirnfontanelle, Fonticulus frontalis s. major (Abb. 362a) am größten; sie ist viereckig. Vorn reicht sie zwischen den getrennten Stirnbeinschuppen des Fötus weit hinab, sogar bis zur Nasenwurzel. Beim Neugeborenen sieht und fühlt man Pulsationen der

Schlußmembran (daher der alte Name „Fonticulus" = Quelle); sie sind veranlaßt von den Pulsationen des Gehirns. Die Stirnfontanelle besteht bis in die erste Hälfte des zweiten Lebensjahres. Zur Zeit der Geburtsreife ist die dreieckige Hinterhauptsfontanelle, Fonticulus occipitalis s. minor, schon sehr stark eingeengt (Abb. 362a) Die beiden seitlichen Fontanellen vor und hinter dem Schläfenbein haben keine so charakteristische Form wie die unpaaren Fontanellen. Sie heißen Fonticulus sphenoidalis, Keilbeinfontanelle, und F. mastoideus, Warzenfontanelle (Abb. 362b). Sie verschwinden in der Regel bald nach der Geburt. Über den Fonticulus obelicus siehe S. 708.

Schaltknochen

Innerhalb der Nähte, besonders in den großen Zwischenräumen der Fontanellen und bei pathologischen Nahtverbreiterungen des Wasserkopfes (Hydrozephalus) können eigene Knocheninseln auftauchen, welche zu separaten Knochenindividuen heranwachsen: Nahtknochen, Ossa suturarum (Wormiana). Sie sind beim normalen Schädel in der kleinen Fontanelle und beim Wasserkopf in der Lambdanaht besonders zahlreich; Absprengungen der Hinterhauptschuppe können hinzukommen, die als Inkabein bekannt sind, aber mit echten Nahtknochen nichts zu tun haben. Wohl sind die Spitzenknochen echte Nahtknochen (Abb. 337, vgl. S. 688). Es gibt auch Knocheneinsprengungen innerhalb der platten Knochen des Schädeldaches, welche als Inseln völlig von der Knochentafel umschlossen sind. In solchen Fällen sind besondere Knochenherde in der Entwicklung von dem fortschreitenden Randwachstum des nächst benachbarten Hauptknochens umflossen worden. Sie sind selten. Man darf sie nicht verwechseln mit scheinbar isolierten Inseln, welche in Wirklichkeit an der Innenfläche des Schädels doch mit der nächsten Naht zusammenhängen.

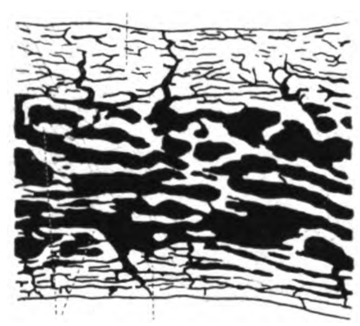


Abb. 363. Innere Struktur des Scheitelbeines. Querschnitt. Knochensubstanz weiß, Gefäßkanäle und Markräume schwarz (nach Thoma, Arch. f. path. Anat. Bd. 219. 1915).

Diploe und Laminae

Statt der Beweglichkeit der Schädelknochen, welche beim Fötus einen Ausgleich von Blutdruckschwankungen des Innern ermöglicht, hat der erwachsene Schädel im Bau der Knochen ein Ersatzmittel. Die platten Knochen des Schädeldaches sind von zahlreichen Markräumen durchzogen, welche Venen beherbergen. Diese gefäßreiche Schicht heißt Diploe. Sie wird außen und innen von einer harten Knochenrinde begrenzt, Lamina externa und Lamina interna (Abb. 363). Beide lassen die Venen aus dem Innern durch feine Poren nach außen und innen durch. Außerdem existieren zahlreiche große Venenlöcher (Foramen jugulare, Emissarien usw.). Wie wichtig diese Einrichtungen als Puffer für Druckschwankungen des Gehirns sind, wird sich später erweisen (Bd. III). Das Schädeldach ist infolgedessen sehr blutreich. Die Elastizität der Knochen ist erheblich und die Festigkeit nicht gering. Die Markraumröhren gleichen Wellpappe, die auf beiden Flächen mit Papier verklebt ist — entsprechend den beiden Laminae —, bekanntlich einem sehr widerstandsfähigen Packmaterial der Technik. Es kann allerdings vorkommen, daß eine der beiden Grenzlamellen der Diploe platzt, ohne daß die andere verletzt ist, wie ein Stock, den man über das Knie biegt, durch den Halt an der Kniescheibe ganz bleiben und nur außen zersplittern kann. Bei Gewalteinwirkungen von außen trifft das gelegentlich die Lamina interna, deshalb auch Glastafel, L. vitrea, genannt. Verletzungen des Gehirns ohne äußerlichen Defekt des Schädels können die Folge sein.

Doch kann ebenso bei Gewalteinwirkung von innen her, z. B. bei einem Schuß durch den Mund, welcher die Schädelbasis durchbohrt, die äußere Lamelle trotz Intaktsein der inneren Tafel splittern. Sie sind beide darin physikalisch gleich.

Innen- und Außenrelief

Wie bei einem flachen Wasserkissen durch Druck mit den Fingerkuppen auf die eine Seite die gegenüberliegende Wand nicht lokal vorgetrieben wird, weil das Wasser den Druck gleichmäßig verteilt, so wird die Innenwand des Schädels durch die wachsenden Windungen des Gehirns eingedellt, Impressiones digitatae, ohne daß die äußere Oberfläche der Schädelkapsel entsprechende Vorwölbungen zeigt. Nur an dünnen Schädelstellen, z. B. unter dem M. temporalis, kann das Innenrelief auch äußerlich sichtbar sein (S. 699). In den Zwischenräumen zwischen den Gehirnwindungen kann der Knochen das alte Niveau bewahren oder nach innen zu vorwachsen, ohne lebenswichtige Funktionen zu beeinträchtigen. So sind die Juga cerebralia zwischen den Impressiones (Abb. 336) entweder flach oder häufig durch Eigenwachstum vergrößert (hohe Juga). Das akzessorische Wachstum verstärkt die betreffenden Knochentafeln erheblich, wie aufgenietete Streifen ein Blech versteifen.

Vorzeitige Nahtverödung

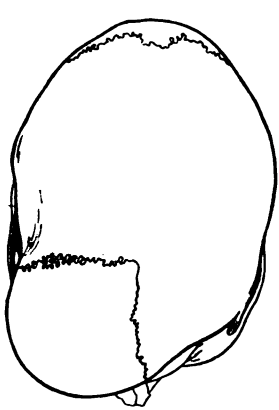


Abb. 364. Plagiozephalus, Anthrop. Sammlung Heidelberg.

Bei frühzeitiger Verödung der Nähte des Schädeldaches, die bereits vor der Geburt beginnen und im Kindesalter zum Abschluß kommen kann, steht das Randwachstum der angrenzenden Knochen mit Notwendigkeit vorzeitig stille. Der Schädel wird schief, wenn die Synostose einseitig auftritt, z. B. in der Kranznaht: Plagiozephalus, Schiefschädel (Abb. 364). Da das Gehirn in dem verkürzten Teil eingeengt ist, so drängt es gegen die Knochen mit nicht obliterierten Nähten und regt sie zu besonders starkem Randwachstum an. Dadurch wird die Asymmetrie noch verstärkt. Auf frühzeitige symmetrische Synostosen werden andere Schädelmißbildungen zurückgeführt, die aber zum Teil recht komplexe Ursachen haben. Beim Skaphozephalus, Kahnschädel, ist die Sagittalnaht frühzeitig geschlossen. Das Gehirn drängt deshalb den vorderen und hinteren Schädelpol vor. Es ergibt sich ein extrem schmaler und langer Schädel. Dieses krankhafte Längenwachstum ist von den erblich bedingten Langschädeln (Abb. 388a) an den stark in die Länge gezogenen Scheitelbeinen zu unterscheiden, welche beim Skaphozephalus die Dehnung der Pole auszugleichen haben. Umgekehrt ist bei Totalverödung der Kranznaht ein kompensatorisches Höhenwachstum die Folge: Oxyzephalus, Turmschädel.

Einfluß äußerer Faktoren

Die leichte Verschieblichkeit der Schädelknochen des Kindes führt zu künstlichen Deformitäten, wenn äußere Einflüsse lokal eingreifen, z. B. die Trageeinrichtung für das Kind bei Nomadenvölkern oder beabsichtigte Einschnürung des Schädels durch Bretter oder Binden (Abb. 387). Die Hauptverbreitungszentren der Deformität befinden sich bei den Indianern Amerikas und in Neupommern; aber auch sonst sind Reste uralter Gebräuche wie Verunstaltungen durch Kopfbinden und Mützchen für Kinder weiblichen Geschlechts weit verbreitet z. B. im Süden Frankreichs („Deformation toulousaine"). In manchen Gegenden wird die der vorwiegenden Schädelform der Bevölkerung bequemste Art der Kopflage den Kindern angewöhnt, nämlich Seitenlage bei ausgesprochener Dolichozephalie und Rückenlage bei ausgesprochener Brachyzephalie. Auch die Art der Kopfkissen spielt für die Kopfform eine Rolle und wird dem Säugling dem Herkommen gemäß aufgezwungen (harte oder weiche Polster). In der Regel wird der erbliche Faktor dadurch verstärkt, falls der kindliche Schädel die sonst übliche Form hat; gehört er einem anderen Typus an, so kann er ein wenig nach der üblichen Form hin abgelenkt werden. Die primäre Ursache ist aber nie im Milieu, sondern immer in einer erblichen Rassenverschiedenheit zu suchen (S. 798).

II. Der Kauapparat.

1. Die Kaumuskeln als aktive Bewegungsfaktoren.

Der Unterkiefer, der weitaus größte Abkömmling der Kiemenbogen, verdankt seine hohe Entfaltung dem Kauakt, den er allein übernommen hat,

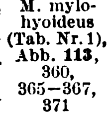
nachdem die übrigen Teile des ersten Viszeralbogens in den Dienst des Gehörapparates getreten sind (Abb. 317, 318). Wir betrachten hier auch die Abkömmlinge der übrigen Viszeralbogen in ihrer Beziehung zum Kauakt; speziell das Zungenbein kann als feste Plattform dienen, von welcher aus Muskeln den Unterkiefer bewegen. Diese Muskeln sind auch ihrer Abkunft nach größtenteils den Kaumuskeln nahe verwandt. Lassen wir deshalb zunächst alle anderen Aufgaben des Zungenbeines beiseite (siehe Schluckakt, Bd. II), um vom Kauapparat ausgehend Näheres darüber zu erfahren, wie Kopfmuskeln an den Hals gelangt sind und sich dort mit Rumpfmuskeln in die Herrschaft über das Zungenbein teilen (S. 203).

a) Zu den Kopfmuskeln gehörige Halsmuskeln. Tabelle Nr. 1—5.

Supra- und infrahyale Muskeln

Eine große Anzahl sehr verschiedenartiger Kiemenmuskeln, welche von Kopfnerven versorgt werden, reguliert bei den Haien die Weite der Kiemenspalten und die Menge des passierenden Atemwassers (Abb. 321, blau). Die vordersten haben bereits am Kieferbogen jener primitiven Wirbeltiere die Aufgabe übernommen, die beiden Teile des Bogens wie die Blätter einer Schere gegeneinander zu bewegen (Adductor arcuum). Diese Bewegung ist für das Erfassen der Beute besonders geeignet. Die Kaumuskulatur der höheren Tiere, welche den Unterkiefer gegen den Oberkiefer bewegt, ist ihrer Lage und Funktion nach eine unmittelbare Fortsetzung dieser alten Muskeln (Tabelle Nr. 6—9). Sie wird wie jene vom 3. Ast des Nervus trigeminus versorgt (Vc). Außerdem kommen aber bei den höheren Tieren andere Muskeln des 1. Viszeralbogens, welche ebenfalls vom 3. Ast des Trigeminus innerviert sind, und Muskeln des 2. Viszeralbogens, Fazialismuskeln, vor, welche von jenen alten Kiemenmuskeln abstammen und wie jene enge Nachbarschaft zum 1. und 2. Viszeralbogen besitzen (Abb. 321). Ich behandle diese Muskeln von der Tiefe aus nach der Oberfläche zu, weil in der Tiefe die alten Beziehungen zu den Skeletteilen am besten gewahrt sind. Diese Muskeln liegen zwischen Zungenbein und Kiefer, **suprahyal**. Zwischen ihnen sind Rumpfmuskeln bis an den Kiefer vorgedrungen. In Abb. 321 ist die Wanderung dieser Muskeln auf den Unterkiefer zu noch nicht abgeschlossen (hypobranchiale Muskeln, rot); die vorderste Spitze schiebt sich später unter die blau gezeichneten viszeralen Muskeln und erreicht, von diesen bedeckt, den Unterkiefer und die Skelettzunge, bei höheren Tieren die davon ausgehende Muskelzunge (siehe Abbildung der Haizunge, Bd. II). So sind Rumpfmuskeln nicht nur unterhalb des Zungenbeins, **infrahyal**, sondern auch oberhalb zu finden. Die Mischung zwischen den beiden heterogenetischen Muskelarten ist zwischen Zungenbein und Kiefer (suprahyal) am stärksten und auffallendsten. Ich erinnere an den früher beschriebenen Rumpfmuskel an dieser Stelle: M. geniohyoideus (S. 203).

Die dort befindlichen **Zungen**muskeln, welche ebenfalls von Rumpfmuskeln abstammen, werden bei der Zunge beschrieben werden (M. hyoglossus, M. genioglossus, Bd. II). Die Muskelflächen am Zungenbein (Abb. 360) geben einen guten Einblick in die hochgradigen Verwerfungen zwischen Rumpf- und Kopfmuskeln in diesem Gebiet. Wir werden an der Hand der jetzt zu besprechenden Muskeln darauf im einzelnen einzugehen haben. Für spätere Betrachtungen schöpfen wir daraus die praktische Folgerung, daß das scheinbare Chaos der Innervation dieser Muskeln verständlich und einprägsam wird; denn aus ihrer Geschichte erfahren wir, warum oft nahe benachbarte Muskeln ganz verschiedene Nerven erhalten und warum sogar ein Muskel zwei Nerven verschiedener Art bezieht.


M. mylohyoideus (Tab. Nr. 1), Abb. 113, 360, 365—367, 371

Musculus mylohyoideus. Die primitive Muskulatur, welche beide Kiefer im Bogen miteinander verbindet (zwei Pfeile, Abb. 321), ist zum **Mundhöhlenboden** geworden, da dieser Abschluß um so wichtiger wurde, je nötiger die Zunge ein muskulöses Widerlager braucht, um gegen den Gaumen wirken



Kopfmuskeln.

Ursprung = o (origo); Insertion = i (insertio).

I. Hierher gehörige Halsmuskeln.

1. M. mylohyoideus (S. 741).
   o: Linea mylohyoidea mandibulae.
   i: Körper des Hyoids, mediane Raphe zwischen Mandibula und Hyoid.
2. M. digastricus mandibulae (S. 746).
   o: Fossa digastrica mandibulae (vorderer Bauch), Incisura mastoidea (hinterer Bauch).
   i: Körper und großes Horn des Hyoids (mit Schlaufe für die Zwischensehne zwischen vorderem und hinterem Bauch).
3. M. stylohyoideus (S. 747).
   o: Processus styloides (mittleres Stockwerk).
   i: Körper und großes Horn des Hyoids, umfaßt meist mit gespaltener Sehne die Zwischensehne des M. digastricus.
4. Platysma (S. 748).
   o: Rand des Unterkiefers vom Tuberculum mentale bis zur Höhe des 1. Molarzahns (ein Teil an der Fascia parotideomasseterica befestigt, siehe auch Nr. 10).
   i: Haut der Brust (Höhe der 2. und 3. Rippe) und der Schulter (manchmal oben am Hals quer über den Nacken).
5. M. sternocleidomastoideus siehe Tabelle: Schultermuskeln (S. 232, Nr. 17).

II. Kaumuskeln.

6. M. temporalis (S. 753).
   o: Linea temporalis inferior, Planum temporale (Zygomatikum, Frontale, Sphenoidale, Temporale, Parietale) bis zur Crista infratemporalis, Fascia temporalis.
   i: umfaßt den Processus coronoides mandibulae.
7. M. masseter (S. 756).
   o: oberflächliche Portion: entlang dem unteren Rand der Jochbrücke bis zur Sutura zygomaticotemporalis. Tiefe Portion: von der Innenfläche des Jochbeines bis dicht an das Kiefergelenk und von der Fascia temporalis.
   i: Außenfläche des Astes und Winkels des Unterkiefers, Tuberositas masseterica.
8. M. pterygoideus internus (S. 758).
   o: Fossa pterygoidea (Keilbein, Gaumenbein).
   i: mediale Fläche des Kieferwinkels (Tuberositas pterygoidea) gegenüber dem Ansatz des M. masseter.
9. M. pterygoideus externus (S. 759).
   o: Außenfläche der Lamina lateralis des Flügelfortsatzes des Keilbeines bis zum Tuber maxillare (unterer Kopf). Planum infratemporale des großen Keilbeinflügels (oberer Kopf).
   i: Fovea pterygoidea des Processus condyloides mandibulae, Kapsel und Zwischenknorpel des Kiefergelenkes.

III. Mimische Gesichtsmuskeln.

A. Muskeln der Mundspalte und Nasenöffnung.

10. M. quadratus labii inferioris (S. 773).
    o: unterer Rand des Unterkiefers seitlich vom Tuberculum mentale, Bündel aus dem Platysma.
    i: in Staffeln zur Haut der ganzen Unterlippe bis zum Lippenrande.
11. M. mentalis (S. 774).
    o: Juga alveolaria der unteren Schneidezähne und des Eckzahnes, vom Umschlagsrand der Schleimhaut des Vestibulum oris bedeckt.
    i: gekreuzt mit den Fasern des Partners und ungekreuzt an der Kinnhaut.
12. M. triangularis (und M. transversus menti) (S. 775).
    o: unterer Rand des Unterkiefers vom Tuberculum mentale und weiter seitlich zwischen der Insertion des Platysma und dem Ursprung des Quadratus labii inferioris.
    i: teils in der Haut des Mundwinkels und der äußeren Partie der Oberlippe, teils durch Zwischensehnen mit M. caninus und orbicularis der Oberlippe verbunden.
    (M. transversus menti: mediane Verflechtung medialer Triangularisbündel, an der Kinnhaut.)

13. M. risorius (Santorini) (S. 777).
o: Mundwinkel.
i: Fascia parotideomasseterica und Haut (Lachgrübchen).
14. M. caninus (S. 778).
o: Fossa canina der Maxilla.
i: Haut des Mundwinkels, sehnige Übergänge in den M. triangularis und Ausstrahlungen zwischen die Unterlippenbündel des M. orbicularis oris.
15. M. nasalis (S. 779).
o: Fossa canina des Oberkiefers bis zum Jugum alveolare des Eckzahnes und des äußeren Schneidezahnes.
i: Haut des hinteren Umfanges des Nasenloches am Nasenflügel und Septum (Pars alaris), über dem knorpligen Abschnitt des Nasenrückens mit dem Partner schräg zu einer gemeinsamen Aponeurose vereinigt (Pars transversa).
16. M. buccinator und M. orbicularis oris (und M. depressor septi nasi) (S. 780).
o: eine hufeisenförmige Linie, welche am Processus alveolaris des Oberkiefers in der Höhe des 1. Molarzahnes beginnt, und welche eine sehnige Brücke zwischen Processus pyramidalis des Gaumenbeines und Hamulus pterygoideus und dann die Raphe pterygomandibularis benutzt, um den Unterkiefer zu erreichen. Am Unterkiefer von der Crista buccinatoria und der Außenfläche der Juga alveolaria der unteren Backenzähne. Diese Ursprungslinie umgreift die Backentasche der Wangenschleimhaut.
i: nach Durchkreuzung der oberen und unteren Bündel lateral vom Mundwinkel als M. orbicularis oris an den Lippen. Außerdem selbständige Fasern des Orbicularis ohne Skelettanheftung (Ursprung lateral an der Schleimhaut des Mundwinkels, Insertion medial an der Haut unter Durchflechtung mit den Fasern des Partners).
M. depressor septi nasi, Abspaltung der Außenzone des Orbicularis oris der Oberlippe:
i: Haut der knorpligen Nasenscheidewand.
17. Mm. incisivi labii superioris et inferioris (S. 784).
o: Juga alveolaria des Eckzahnes am Unterkiefer und der Schneidezähne am Oberkiefer.
i: Schleimhaut der Lippe außen vom Mundwinkel.
18. M. zygomaticus (S. 784).
o: Facies malaris des Jochbeines, bisweilen enger Anschluß an die lateralen Bündel des M. orbicularis oculi.
i: Haut des Mundwinkels und der Oberlippe.
19. M. quadratus labii superioris (S. 786).
Caput zygomaticum:
o: vom Jochbein oder aus dem lateralen Teil des unteren Orbicularis oculi.
i: Haut der Wange.
Caput angulare:
o: Stirnfortsatz des Oberkiefers, medialer Abschnitt des Margo infraorbitalis.
i: Haut der Wange und Oberlippe, Haut des Nasenflügels.
Caput infraorbitale:
o: Margo infraorbitalis des Oberkiefers bis auf Processus zygomaticus.
i: Haut der Oberlippe bis zum Lippenrande.

B. Muskeln der Lidspalte.
20. M. orbicularis oculi (und M. depressor supercilii) (S. 789).
Anheftungen: 1. Pars orbitalis s. ectoorbitalis: Pars nasalis des Stirnbeines, Processus frontalis und Crista lacrimalis des Oberkiefers, Ligamentum palpebrale mediale.
2. Pars palpebralis: Ligamentum palpebrale mediale und Tränensackwand, nach bogenförmigem Verlauf auf den Augenlidern an der Raphe palpebralis lateralis.
3. Pars lacrimalis (Horneri): Crista lacrimalis des Tränenbeins. Fortsetzung in den M. ciliaris (Riolani) am Rand der beiden Augenlider.
(M. depressor supercilii:
mediale Abspaltung des Orbikularis mit Insertion am Kopf der Augenbraue.)
21. M. procerus (S. 792).
o: knöcherner Abschnitt des Nasenrückens und Aponeurose der Pars transversa des M. nasalis.
i: Haut über der Glabella, Übergang in den M. frontalis mittels Schaltsehnen.

22. M. corrugator supercilii (S. 793).
    o: am Stirnbein oberhalb der Sutura frontomaxillaris, Glabella, Margo supraorbitalis (Arcus superciliaris).
    i: Haut der Augenbraue lateral vom Brauenkopf und an Galea aponeurotica.
23. M. frontalis (S. 794).
    o: Haut der Augenbraue vom Brauenkopf bis zum Beginn der Linea temporalis, durch Vermittlung von Nachbarmuskeln am Knochen (Stirnbein unterhalb des Ursprungs des Korrugator).
    i: Galea aponeurotica.

C. Muskeln der Ohröffnung und des Hinterkopfes.

24. M. auricularis anterior (S. 796).
    o: Galea aponeurotica und Fascia temporalis superficialis, zuweilen im Zusammenhange mit lateralen, bogenförmigen Bündeln des M. frontalis (M. auriculofrontalis).
    i: Vorderrand der Ohrmuschel (Spina helicis, auch Medialfläche der Spina und Eminentia conchae).
25. M. auricularis superior (S. 797).
    o: wie beim M. auricularis anterior.
    i: Hinterwand der Ohrmuschel (Eminentia scaphae und triangularis, Spina helicis).
26. M. auricularis posterior (S. 797).
    o: zweizipfelig am Processus mastoides des Schläfenbeins. Linea nuchae superior, zuweilen im Zusammenhang mit einem M. transversus nuchae.
    i: Hinterwand der Ohrmuschel (Eminentia conchae).
27. Muskelrudimente der Ohrmuschel. (Siehe Gehörorgan, Sinnesorgane, Bd. III.) (S. 797).
28. M. occipitalis (S. 797).
    o: Linea nuchae suprema.
    i: Galea aponeurotica.

zu können. In Abb. 365 sieht man am besten, wie auch beim Menschen die beiden Mylohyoidei von der einen Kieferhälfte zur anderen im Bogen herüberziehen und wie alle Organe des Mundhöhleninnern über sie geschichtet sind. Die Konvexität des Traggurtes ist nach außen gerichtet. Kontrahiert sich der Muskelgurt, so wird die Zunge gehoben; er wird aber nie zu einer ebenen Platte geradegestreckt, sondern bleibt — je nach dem Kontraktionszustand — ein mehr oder weniger tiefer Muskelbeutel, welcher trichterartig die Mundhöhle nach unten abschließt, Diaphragma oris. Durch die Innervation wird die Zugehörigkeit des Muskels zum Kieferbogen bewiesen (3. Ast des N. trigeminus). Die Anheftung der Fasern am Zungenbein kommt später hinzu und gibt dem Komplex der beiden Mylohyoidei größere Festigkeit für den Mundhöhlenboden; der Komplex kann damit erst auf das Zungenbein beim Heben dieses Knochens wirken (Schluckakt) und umgekehrt vom festgestellten Zungenbein aus den Kiefer bewegen: Senken des Kiefers beim Öffnen des Mundes. So ist der Muskel in den Dienst des Kauapparates getreten.

Der Ursprung des Muskels an der Innenseite des Unterkiefers reicht längs der ihm zugehörigen Muskelleiste, Linea mylohyoidea, vorn bis nahe an die Symphyse der Mandibula, hinten bis zur Alveole des 3. Mahlzahnes (Abb. 371). Die Fasern ziehen vorn genau quer und horizontal, nach hinten zu mehr schräg von hinten außen nach vorn innen und fallen gleichzeitig in dieser Richtung steil ab. Die hintersten Fasern sind die längsten. Sie formen den hinteren scharfen Rand des Muskels (Abb. 113). Nur bis hierher reicht der muskulöse Mundhöhlenboden, der also nach dem Kieferwinkel zu die Mundhöhle nicht mehr abschließt. So wird die Spalte am hinteren Rand des Mylohyoideus eine wichtige Pforte für den Eintritt anderer Muskeln, Nerven, Gefäße und Drüsen in das Innere der Mundhöhle (M. constrictor pharyngis superior, Nervus hypoglossus, N. lingualis, Vena lingualis, Ductus submaxillaris und eventuell ein Teil der Glandula submaxillaris selbst). Wird die Pforte in das

Innere des Muskels hinein verlegt, z. B. durch die Glandula submaxillaris. wenn sie den Muskel vor seinem Rand durchsetzt, so kann er in zwei hintereinander liegende getrennte Muskeln gespalten sein.

Die beiderseitigen Mylohyoidei vereinigen sich zu einer medianen Raphe, die in der Rinne zwischen den vorderen Bäuchen der beiden Mm. digastrici **Raphe**

Abb. 365. Frontalschnitt durch den Kopf, in der Höhe der beiden mittleren unteren Mahlzähne (M 2). Die Gesichtsmaske von hinten abgebildet. Die linke Zungenseite ist zwischen die Zähne eingeklemmt (Selbstmord durch Schläfenschuß).

(Tab. Nr. 2) sichtbar ist, aber sehr verschieden deutlich sein kann, weil die Muskelfasern oft über die Medianlinie hinüber- und herübergreifen. Sie kann ganz fehlen. Die Raphe ist mit dem distalen Ende am Zungenbeinkörper befestigt und hier zwischen zwei infrahyale Rumpfmuskeln (M. sternohyoideus, M. omohyoideus) und einen suprahyalen Rumpfmuskel eingeschaltet (M. genio-



hyoideus, Abb. 360). Beim Heben des Unterkiefers durch Hintenüberlegen des Kopfes wird die Raphe gespannt und der Muskel senkrecht zur Richtung seiner Fasern stark gedehnt. Ist der Kopf geradeaus gerichtet, so ist das Muskelfleisch stark zusammengeschoben. Manchmal liegen sogar beide Mylohyoidei in einer Querfalte in der Höhe der beiden Eckzähne: diese Falte gibt wie die Stoffalten eines Anzuges an Stellen des Körpers, welche stark gespannt werden (Hosenboden), ausgiebigen Bewegungen des Kopfes nach hinten Raum. Denn der Muskel kann nicht wie die Nachbarmuskeln in der Richtung seiner Muskelfasern nachgeben, sondern durch den Zug quer zu den Muskelfasern wird das weniger nachgiebige Bindegewebe zwischen ihnen beansprucht. Umgekehrt sind die Mylohyoidei mitbeteiligt an der aktiven Vornüberbeugung des Kopfes.

Auf der Mundhöhlenfläche des Muskels liegt zu innerst der M. geniohyoideus, über welchen sich die Zungenmuskulatur in die Höhe erstreckt (Abb. 365, 367). Diese spinalen Abkömmlinge des Rektussystems des Halses haben sich wie eine Schichtenverwerfung der Erdrinde über die suprahyalen Kopfmuskeln (Mylohyoideus, Digastrikus) nach vorn geschoben. Lateral liegt über dem Mylohyoideus die Glandula sublingualis in einer Nische zwischen Muskel und Knochen. Der Unterkiefer wendet seine Innenfläche nur oberhalb des Mylohyoideus der Mundhöhle zu.

Innervation: N. mylohyoideus aus N. mandibularis (Vc.). Mehrere Zweige treten in die Außenfläche des Muskels. Blutzufuhr: R. mylohyoideus aus A. maxillaris inferior der A. maxillaris interna, verläuft mit dem Nerv. A. submentalis aus A. max. externa, tritt ebenfalls in die Außenfläche des Muskels ein, A. sublingualis aus A. lingualis in die Innenfläche des Muskels.

M. digastricus mandibulae (Tab. Nr. 2), Abb. **113**, 248, 335, 360, 365—367, 371, **375**

Musculus digastricus mandibulae. Dem 2. Viszeralbogen zugehörige Muskelfasern, welche vom Nerv dieses Bogens, dem N. facialis, versorgt werden (Abb. 142), haben beim Menschen teilweise ihren Ursprung an Abkömmlingen dieses Bogens beibehalten, nämlich am Griffelfortsatz des Schläfenbeines (Abb. 318). Die Insertion ist bei den Rückbildungen, welche das Kiefergelenk der Säugetiere betroffen haben, vom Kieferbogen auf den Zungenbeinkörper verlegt worden. Man nennt diesen Muskel seinen Befestigungen entsprechend M. stylohyoideus (Tab. Nr. 3). Zu ihm gehört der Venter posterior des M. digastricus, welcher ebenfalls vom N. facialis versorgt ist und individuell beim Menschen vollständig mit dem Stylohyoideus eins sein kann. Gewöhnlich hat der Venter posterior seinen Ursprung auf die dem Griffelfortsatz benachbarte Schädelbasis verlagert (Abb. 335). Der Venter anterior des doppelbäuchigen Muskels ist dagegen eine oberflächliche Abspaltung des Mylohyoideus und ist wie dieser vom N. trigeminus versorgt. Er ist also von Haus aus dem hinteren Bauch ganz fremd. Durch die nachbarlichen Beziehungen der Insertionen am Zungenbeinkörper haben die Fasern des Venter posterior richtenden Einfluß auf die oberflächlichen Fasern des Mylohyoideus gewonnen. Als Norm gilt beim Menschen, daß die letzteren von einer Zwischensehne, welche mit dem Zungenbeinkörper verbunden ist und hier ihr Hypomochlion findet, nach dem Kinn zu ausstrahlen (Abb. 113). Der alte Zustand ist in sehr häufigen individuellen Abweichungen von der Norm mehr oder weniger deutlich erkennbar. Eine tiefe Schicht des Muskels mit völlig dem Mylohyoideus entsprechendem Faserverlauf kann vorkommen (Abb. 366), oder von dem oberflächlichen Bauch mit seinen typisch längsgerichteten

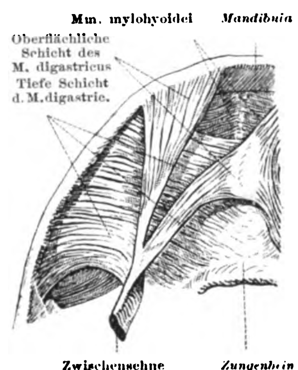


Abb. 366. Abnormer vorderer Bauch des M. digastricus. Mensch. (Nach Holl, Ak. d. Wiss. Wien 1916.)

Fasern gehen quer verlaufende Züge zu einer Raphe, welche über derjenigen der Mylohyoidei liegt („interdigastrische" Fasern). Ungefähr jeder dritte Fall zeigt Abweichungen von dem reinen Endzustand, in welchem ausschließlich Fasern existieren, welche die Fasern des Mylohyoideus schräg bis senkrecht überkreuzen (Abb. 375).

Zwischensehne

Die zylindrische Zwischensehne ist durch eine bindegewebige Ankerung am Zungenbeinkörper und an der Basis des großen Horns befestigt (Abb. 367, 360). Man hüte sich, diese oft dünne Platte mit einer Faszie zu verwechseln. Schneidet man sie durch, so verliert der Digastrikus jeden Halt und jede Form. Die Ankerung ist das Hypomochlion, von welchem aus bei festgestelltem Zungenbein beide Bäuche gemeinsam den Unterkiefer nach abwärts ziehen. Bei lockerem Zungenbein ziehen beide Bäuche oder nur einer das Zungenbein in die Höhe. Es wird sich zeigen, daß dabei der M. stylohyoideus (Tab. Nr. 3) korrigierend eingreifen kann. Im allgemeinen wirken beide Bäuche, da sie im Winkel zueinander stehen, auf das Zungenbein in der Richtung der Diagonale des Parallelogramms der beiden Kräfte. Die Zwischensehne reguliert den Muskel im ganzen so aus, daß die Längen der Muskelfasern den in Betracht kommenden Verkürzungsgrößen entsprechen. Ein rein fleischiger Muskel würde viel zu lange Muskelfasern haben für den Weg, welchen er bei der Kontraktion zurückzulegen hat. Die Ankerung am Zungenbein ist wenige Millimeter lang. Ist die Sehnenplatte groß, so bleibt die Zwischensehne des Digastrikus eine Strecke weit vom Zungenbein entfernt (bis zu 2 cm) und schneidet in die Glandula submaxillaris hinein.

Nachbarmuskeln

Der schlanke hintere Bauch entspringt fleischig an der Innenfläche des Warzenfortsatzes, besonders in der Incisura mastoidea, welche den Fortsatz einkerbt und in zwei Teile zerlegen kann (Abb. 335). Er verjüngt sich fiedrig zu der Sehne. Hinten liegt der Muskel über dem M. rectus capitis superior und dem Querfortsatz des Atlas (Abb. 113). Er liegt versteckt unter dem M. longissimus und M. splenius capitis und ist zu oberst von der Insertion des M. sternocleidomastoideus, außerdem von der A. carotis und vom Kieferwinkel bedeckt. Der vordere Bauch liegt ganz oberflächlich unter der Haut und dem Platysma (Tab. Nr. 4). Er entspringt in einer besonderen Grube der Innenseite des Unterkiefers nahe der Symphyse, Fossa digastrica (Abb. 371). Auch er verjüngt sich auf die Zwischensehne zu, ist aber kürzer und plumper als der hintere Bauch.

Innervation: Ein kurzer Ast des N. facialis dringt in den oberen Rand oder die Außenfläche des Venter posterior ein (gelegentlich auch Ästchen vom N. glossopharyngeus). Der N. mylohyoideus des gleichnamigen Muskels gibt Ästchen in die Unterfläche des Venter anterior. Blutzufuhr: Ästchen der A. occipitalis aus A. carotis externa. Das Gefäß liegt hinter dem Venter posterior, der sein Richtmuskel bis zum Sulcus arteriae occipitalis des Schläfenbeines ist. Außerdem für den Venter posterior die A. auricularis posterior, für den Venter anterior die A. submentalis, beide aus dem Stromgebiet der A. carotis externa.

M. stylohyoideus (Tab. Nr. 3), Abb. **113**, 335, 360, **367**, 370, 375

Musculus stylohyoideus. Seine Entstehung ist beim vorigen Muskel beschrieben. Er kann ganz fehlen. Ist er voll ausgebildet, so teilt sich der von der Vorderseite des Griffelfortsatzes ausgehende, sehr schlanke Muskelbauch, welcher schräg auf die Zwischensehne des M. digastricus hinzieht, oberhalb von dessen Zwischensehne in zwei Zipfel und umfaßt mit diesen wie mit einer Pinzette die Digastrikussehne. Letztere hat dadurch außer der passiven Führung durch die Ankerung am Hyoid auch eine aktive, da die Zipfel des Stylohyoideus den hinteren Bauch des Digastrikus durch die Schlaufe, mit welcher sie ihn umfassen, hinüber- und herüberdrängen können. Für das leicht bewegliche Zungenbein kommt durch direkte Wirkung der Stylohyoidei oder durch Kombination mit den Digastrici ein nuancenreiches Spiel der Kräfte zustande, welches besonders dem Schluckakt zugute kommt.



Von den drei Muskeln, welche am Griffelfortsatz entspringen (Abb. 335, 370), nimmt der Stylohyoideus das mittlere Stockwerk ein. Er liegt geradeso versteckt, wie der hintere Bauch des Digastrikus. Er inseriert am Übergang des Zungenbeinkörpers in das große Horn neben der Insertion des M. omohyoideus (Abb. 360), seltener am kleinen Horn, dem er seiner Entstehung nach eigentlich zugehört (2. Viszeralbogen).

Die beiden Bündel der Insertionssehne vereinigen sich nicht, inserieren aber dicht nebeneinander. Das vordere kann fehlen; der Muskel liegt dann ganz hinter dem Digastrikus (Abb. 360). — Gelegentlich kommen Aberrationen von Muskel-

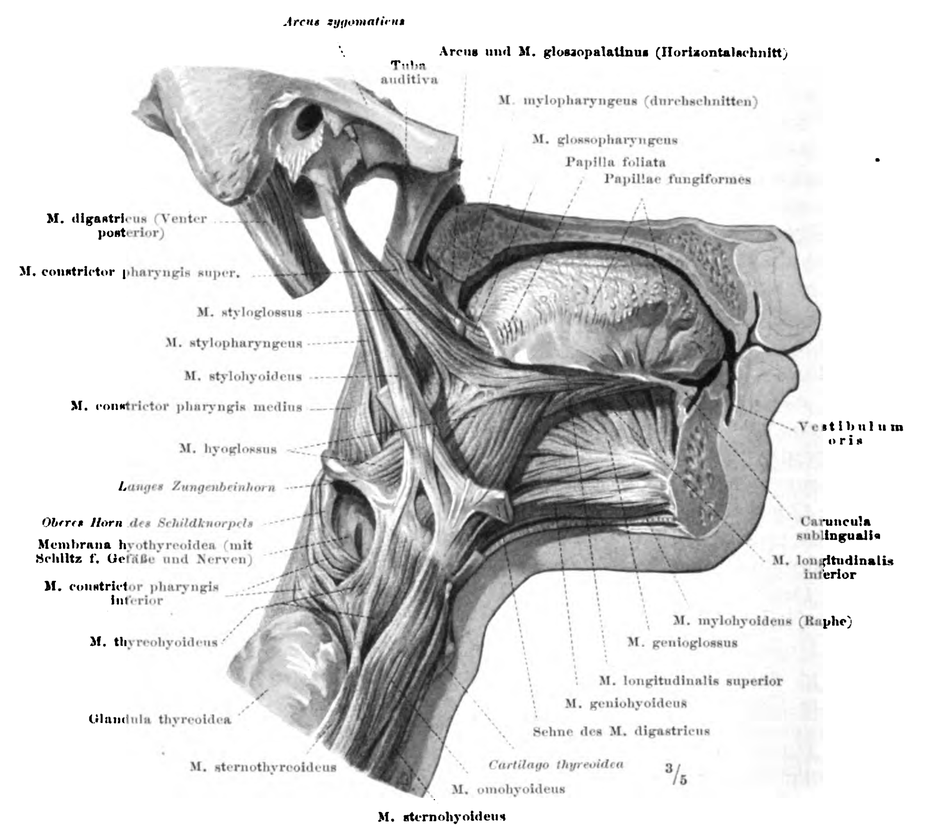


Abb. 367. Zungenbeinmuskeln, Zungen- und Schlundmuskeln. Die rechte Unterkieferhälfte entfernt, ebenso rechter Gaumen und Lippen. Die rechte Zungenseite und die rechtsseitigen Muskeln sind freigelegt. Vom Schädel nur der rechte Warzenfortsatz und äußere Gehörgang gezeichnet.

fasern zum Kieferwinkel, totale Spaltungen des Muskels in zwei getrennte Muskeln, sogar ein dreigeteilter Stylohyoideus vor.

Innervation: Der gleiche Fazialisast wie beim Digastrikus, der sich gewöhnlich teilt und mit einem langen dünnen Zweig die Oberfläche des Stylohyoideus nicht weit vom Ursprung erreicht. Hängt der Stylohyoideus mit dem hinteren Bauch des Digastrikus in primitiver Weise zusammen, so ist auch nur ein Nervenast des Fazialis vorhanden. Blutzufuhr: wie beim hinteren Bauch des Digastrikus.

Platysma Tab. Nr. 4), Abb. 365, 370, 375

Platysma (s. M. subcutaneus colli). Trotz seiner großen Ausbreitung entwickelt sich der Muskel von einer winzigen Stelle am zweiten Viszeralbogen aus, dessen Muskulatur vom N. facialis versorgt ist (Abb. 142). Er wächst von hier aus über den Unterkiefer hinaus nach dem Gesicht zu und wird dort zum Mutterboden einer großen Anzahl von mimischen Muskeln (Tab. Abt. III).

Das Platysma selbst ist der am Hals verbleibende Hautmuskel. Die Anlage wächst auch kaudalwärts aus und erreicht gewöhnlich über das Schlüsselbein hinweg den 2. Interkostalraum der vorderen Brustwand, in maximalen Fällen sogar die Gegend der Brustwarze. Nach der Schulter zu erstreckt sich das Platysma oft über das Akromion hinweg.

Nur selten ist das kaudale Wachstum gehemmt; dann reicht der Hautmuskel nur bis zur Mitte des Halses oder fehlt am Hals ganz. Gelegentlich sind noch beim fertigen Muskel primitive Faserzusammenhänge mit dem hinteren Bauch des M. digastricus festzustellen, welcher ebenfalls aus der Fazialismuskulatur des 2. Viszeralbogens stammt.

Bei ihrer üblichen gewaltigen Ausbreitung ist die Muskelplatte so dünn, daß die Muskelbündel nur in einer Schicht liegen. Oft bestehen zwischen ihnen sogar Zwischenräume. Man hüte sich, beim Präparieren durch diese hindurch in die Tiefe zu dringen und damit die benachbarten Platysmafasern des gleichen Niveaus zu verfehlen. Häufig ist das Muskelfleisch bei der Leiche ungemein blaß. Der alte Name: Pl. myoides = muskel„ähnliche“ Platte kehrt irrtümlich den Sachverhalt in sein Gegenteil um; denn trotz des blassen Aussehens handelt es sich nicht, wie auch heute noch der Unerfahrene fälschlich zu schließen pflegt, um eine Faszie, sondern um echtes Muskelgewebe. Die Farblosigkeit rührt vom geringen Blutgehalt des Muskels bei blutarmen oder im Tode entbluteten Menschen her; es ist nicht nötig, daß besonders dünne Exemplare auch besonders farblos sind, doch ist es häufig so. **Dicke und Faserverlauf**

Die Fasern ziehen schräg von oben innen nach unten außen über den Hals und besonders über den Sternokleido hinweg; letzterer verläuft entgegengesetzt schräg; beide kreuzen sich spitzwinklig (Abb. 375). Die beiderseitigen Hautmuskeln nähern sich infolge ihrer schrägen Richtung je weiter oben, um so mehr und überkreuzen sich in der Regel unter dem Kinn. Beim Doppelkinn liegt hier besonders viel Fett auf dem Muskel.

Sehr viel seltener überkreuzen sich auch unterhalb des Zungenbeines in der Mittellinie des Halses mediale Muskelbündel, welche von der einen auf die andere Körperseite hinüberwechseln und dort entweder in der alten Richtung aufsteigen oder in absteigende Richtung umbiegen.

Häufig sind Ausbreitungen des lateralen Randes quer über den Nacken hinweg. Solche Querzüge sind bei Menschenaffen besonders hoch entwickelt. Sind sie beim Menschen selbständig, so nennt man sie: M. transversus nuchae (Abb. 375). Solche Rückschläge auf frühere Zustände sind nicht leicht und oft gar nicht von Störungen des Faserverlaufes durch Verwerfungen oberflächlicher oder tiefer Fasern beim Auswachsen in der individuellen Entwicklung zu unterscheiden.

In seltenen Fällen gibt es am Hals statt des gewöhnlich einschichtigen Platysma zwei Schichten von Muskelfasern. Die tiefe Schicht gehört zu dem bei Huftieren, Halbaffen und niederen amerikanischen Affen weitverbreiteten Sphincter colli profundus, welcher das Ohr herabzuziehen vermag. Auch beim Menschen können Züge am Ohr inserieren. Die Reste des Sphinkter verlaufen am Hals des Menschen gewöhnlich fast oder ganz senkrecht und sind als longitudinale Unterschicht unter dem Platysma diesem gegenüber kenntlich. Sind auch am Hals solche Reste seltene Ausnahmen, so sind sie am Kopf ein regelmäßiger Bestandteil der mimischen Muskulatur (in Abb. 375 im Gesicht schwarz gezeichnet, die Abkömmlinge des Platysma am Hals und Kopf rot).

Die Befestigungen des oberen Endes des Muskels liegen zum Teil am Unterkiefer, zum Teil an der Haut des Gesichtes, da viele Fasern über den Unterkieferrand bis zum Mundwinkel und zur Wange aufsteigen. Wir werden ihnen beim Gesicht im M. quadratus labii inferioris wieder begegnen (Tab. Nr. 10). Am unteren Ende des Muskels strahlen die Fasern in die Haut der Brust aus. Der Sprachgebrauch ist schwankend, ob man die oberen oder die unteren Anheftungen Ursprung nennen soll. In der Tat zieht der Muskel gleich leicht die Brusthaut aufwärts, wie den Mundwinkel abwärts. Ich bezeichne das obere **Beziehung zur Haut und Mimik**

Ende als Ursprung, weil es bei Defekten das konstantere, oft einzig vorhandene ist. Bei plötzlichen Kontraktionen stärkster Art (Schrecken) nähern sich die oberen und unteren Befestigungspunkte erheblich, der Hals wird breit und dick, weil beide Muskelplatten die Haut vordrängen und ihre Außenränder die Kieferwinkel geradenwegs mit der Schulter zu verbinden suchen. Gleichzeitig wird der Mund aufgerissen. Nicht nur drängen die Ränder der beiden Muskeln und mitunter einzelne Muskelbündel die Haut des Halses als scharf begrenzte Stränge vor, sondern es entstehen auch Querrunzeln der Haut des Halses. Bei alten Leuten werden die strangartigen Innenränder zu zwei permanenten Längsfalten, die neben der Mittellinie des Halses abwärts laufen, weil bei schlaffer Haut der Muskel relativ straff bleibt und das Relief der Oberfläche beherrscht. Realistische Porträts, z. B. der bekannte Kopf des „Seneca" (Neapel, Bronze) geben dieses physiognomische Altersmerkmal getreu wieder. Auch sonst kann das Platysma durch den Einfluß auf den Mundwinkel und die Wangenhaut außer beim Schrecken und Entsetzen für das Mienenspiel und die Mundform mit im Spiele sein (Aufmerksamkeit, Ekel, Schmerz, Strenge; Gähnen, Diskantstimme). Im Zusammenhang mit der mimischen Gesichtsmuskulatur ist hierauf zurückzukommen.

Legt man den Kopf nach hinten über, so wird das Platysma gedehnt und versucht den Kiefer passiv abwärts zu ziehen. Im gewöhnlichen Ruhestand schmiegt es sich den unter ihm liegenden Muskeln, namentlich dem Sternokleido und dem Vorderrand des Trapezius, so innig an, daß nichts von ihm durch die Haut wahrnehmbar ist; das Relief der Halsoberfläche ist in der Ruhe lediglich durch die tieferen Muskeln bedingt.

Hebt man Falten der Halshaut in die Höhe, so verlaufen diese immer in der Längsrichtung der Muskelfasern; quer zur Faserrichtung streichende Hautfalten aufzuheben, ist schwierig. Daraus erkennt man am Lebenden, daß die Oberfläche des Platysma innig mit der Haut zusammenhängt. Der Muskel liegt außen von der oberflächlichen Halsfaszie (Abb. 114, rechts). Zwischen dieser und der Unterfläche des Muskels verläuft bis zu ihrem Durchtritt durch die Faszie die oberflächliche Hautvene, welche durch Platysma und Haut manchmal im Leben durchscheint, bei der Leiche sehr häufig durch Blutdiffusion die Haut streifenförmig verfärbt (Vena jugularis externa); ihr Lumen kann durch Muskelzug offen gehalten werden. So tritt das Platysma ähnlich wie der Omohyoideus zeitweise in den Dienst der Blutzirkulation (S. 208).

Innervation: Ramus colli des Nervus facialis (Kopfnerv!). Der Nerv verläuft vom Kieferwinkel aus an der Unterfläche des Muskels und verflicht sich hier mit Ästen des rein sensiblen N. subcutaneus colli aus dem Plexus cervicalis (Rumpfnerven!) zu einem Nervennetz. Die sensiblen Äste treten durch das Platysma hindurch zur Haut. — Wo der Hinterrand des Platysma den Hinterrand des Sternokleido spitzwinklig kreuzt (Abb. 375), biegen um den letzteren Hautnerven herum (N. subcutaneus colli, N. auricularis magnus). Blutzufuhr: A. maxillaris externa (speziell Ramus submentalis), A. cervicalis superficialis und ascendens, A. transversa colli.

M. sternocleidomastoideus (Tab. Nr. 5), Abb. siehe S. 270

Musculus sternocleidomastoideus. Wegen der Beziehungen zum Schultergürtel ist er bereits bei diesem behandelt (S. 270). Gehen wir auf den einfachsten Zustand am undifferenzierten Schultergürtel zurück, so finden wir eine einheitliche Muskelmasse, welche zu den Vagusmuskeln gehört (Abb. 368a; sie ist versorgt vom Nervus accessorius, der ursprünglich hintersten Komponente des Nervus vagus). Sie verhält sich also genau so, wie die Kiemenmuskulatur zu den Kiemenbogen (Abb. 321) und ist zu dieser zu rechnen. Aus ihr gehen durch Spaltung der M. trapezius und M. sternocleido hervor, wie beim menschlichen Embryo zu sehen ist, wie aber auch aus gelegentlichen Verlagerungen von Hautnerven, die das Muskelblastem durchbohren, zeitlebens erhellt.

Man sieht nicht selten an der Leiche, daß ein Hautnerv des Hinterkopfes (Nervus occipitalis minor), anstatt vom Hinterrand des Sternokleido direkt zu seinem Endgebiet zu verlaufen, einen Umweg durch die vordere Randpartie des Trapezius hindurch macht. In diesen Fällen wurde der Stamm des Hautnervs vom Trapezius nach hinten mitgenommen, weil die Spaltung des Materials zufällig nicht mit der Durchtrittsstelle des Nervs zusammenfiel, wie es gewöhnlich der Fall ist, sondern weiter vorn eintrat. Die zurückgelegte Verschiebung des Trapezius gegen den Sternokleido ist an dem Umweg, den der Nerv macht, abzulesen. Beide Muskeln sind also ursprünglich reine Kopfmuskeln und nur sekundär mit Rumpfmuskelmaterial vermischt (S. 267).



Abb. 368. Entwicklung des M. sternocleidomastoideus und M. trapezius (halbschematisch). a) Frühe Anlage, Schultergürtel wie in Abb. 142. Die Muskelanlage wird vom N. occipitalis minor durchbohrt. b) Sternokleido und Trapezius geschieden; sie trennen sich gewöhnlich da, wo der N. occip. minor die Anlage durchbricht (gestrichelte Linie); hier geht der Nerv durch den Vorderrand des Trapezius (ausgezogener Verlauf, Varietät).

In der Tabelle S. 663 ist der Schultergürtel als hypothetischer Kiemenbogen aufgeführt. Diese Annahme ist sehr bestritten. Sie macht das Vorkommen von Kopfmuskeln am Schultergürtel verständlich, welches von den Gegnern der Hypothese als sekundär aufgefaßt wird und unerklärt bleibt. Hier ist nicht der Ort, auf diese strittige Frage näher einzugehen.

Die Abkömmlinge des 4.—7. Viszeralbogens (Tabelle S. 663) und die zugehörigen Kiemenmuskeln, welche zu Kehlkopf- und Rachenmuskeln geworden sind, werden bei den Eingeweiden behandelt (Bd. II).

b) Die Halsdreiecke und -faszien.

Die im vorigen Kapitel geschilderten, zu den Kopfmuskeln gehörigen fünf Halsmuskeln und die früher beschriebenen fünf Zungenbeinmuskeln, welche vom Rumpf abstammen (S. 151, Nr. 15—19), sind so durcheinander geschoben, daß ihre Ränder sich in sehr charakteristischer Weise überschneiden. Es entstehen spitzwinklige geometrische Figuren, welche die Orientierung am Hals erleichtern, namentlich beim Eindringen in die Tiefe, wenn dort feinere Teile präparatorisch gesucht werden sollen, oder bei chirurgischen Eingriffen. Besonders wichtig sind **fünf Dreiecke** an jeder Seite des Halses. Sie sind entweder vollkommen oder partiell vom Platysma zugedeckt (Abb. 375); doch hindert das bei der Dünne und Schmiegsamkeit des Platysma die Orientierung nicht. Die Dreiecke sind von Teilen der Halsfaszien ausgefüllt, die wie Türfüllungen in den begrenzenden Muskelrahmen sitzen (Abb. 114). Wir schildern hier wegen der praktischen Wichtigkeit für topographische Zwecke die fünf Dreiecke, ihre muskulöse Umrahmung und ihre Füllung mit bindegewebigen Membranen (vgl. Abb. 375, 114).

Trigonum colli laterale

Außen vom Sternokleido liegt unten: 1. das kleine **Trigonum omoclaviculare** (s. Fossa supraclavicularis major), begrenzt vom genannten Muskel, dem unteren Bauch des Omohyoideus, und dem Schlüsselbein, geschlossen von der Fascia colli superficialis und media. Darüber findet sich 2. ein größeres, spaltförmiges Dreieck, **Trigonum omotrapezoides**, begrenzt vom Sternokleido, Trapezius und unteren Bauch des Omohyoideus, verschlossen durch die Fascia colli superficialis. Nr. 1 und 2 werden zusammengefaßt zu einer höheren Einheit: **äußeres Halsdreieck, Trigonum colli laterale.**

Trigonum colli mediale

Innen vom Sternokleido unterscheiden wir drei weitere Dreiecke: 3. **Trigonum submaxillare**, zwischen dem Unterkiefer und den beiden Bäuchen

des Digastrikus, geschlossen durch die Glandula submaxillaris (Speicheldrüse), welche in eine Kapsel der Fascia colli superficialis eingehüllt ist. 4. Trigonum caroticum (s. Fossa carotica), zwischen Vorderrand des Sternokleido, hinterem Bauch des Digastrikus und oberem Bauch des Omohyoideus, verschlossen von der Fascia colli superficialis. 5. Trigonum thyreoideum, zwischen der Regio colli mediana (S. 9), dem oberen Bauch des Omohyoideus und dem Vorderrande des Sternokleido, verschlossen von der Fascia colli superficialis und media. Nr. 3—5 werden zusammengefaßt zu einer höheren Einheit: inneres Halsdreieck, Trigonum colli mediale.

Da die Passage zwischen Kopf und Brust eng ist, so drängen sich im Hals viele Kabel für Nerven- und Flüssigkeitsströme eng zusammen, deren Lage nur durch strenge Orientierung nach den beschriebenen Parzellen auseinandergehalten und eingeprägt werden kann (über Nerven, Blutgefäße, Lymphknoten, die von hier aus erreichbar sind, siehe Bd. III). Das nahe Beieinander lebensnotwendiger Stränge im Hals eignet ihn zur schnellen Vernichtung des Individuums; so war er stets ein Angriffspunkt für Selbstmörder, für die strafende Justiz und selbst für bissige Hunde.

c) Die Kaumuskeln im engeren Sinn. Tabelle S. 742, Nr. 6—9.

Charakteristik und Herkunft

Die vier eigentlichen Kaumuskeln beschränken sich darauf, die Zähne auseinander und gegeneinander zu bewegen, was für das Ergreifen, Zerschneiden und Zerreiben der Nahrung am wichtigsten ist und im Sprachgebrauch schlechthin als „Kauen“ bezeichnet wird. Sie unterscheiden sich dadurch, daß sie nichts als Kaumuskeln sind, von der großen Zahl akzessorischer Muskeln, welche beim Kaugeschäft dazu dienen, die Bissen an die richtige Stelle zu bringen, oder sonstwie ergänzend in das Getriebe der vier Hauptmuskeln einzugreifen; denn diese sind auch für andere Tätigkeiten verwendbar und im Gebrauch. Es gibt allerdings auch eine Teilnahme der eigentlichen Kaumuskeln am Gesichtsausdruck. Diese ist aber ganz entfernter Art gegenüber der Tätigkeit wirklicher mimischer Muskeln (Tabelle S. 742, Nr. 10—28).

Die eigentlichen Kaumuskeln gehen aus einer bestimmten einheitlichen Anlage hervor. Sie schließen an die im vorigen Kapitel behandelten Kiemenmuskeln aufs engste an, da sie Abkömmlinge der Muskulatur des Kieferbogens sind. Sie sind gemeinsam vom Nerv dieses Bogens, dem Trigeminus (Vc), versorgt, gehören also genetisch zu den oben beschriebenen M. mylohyoideus und Venter anterior des M. digastricus. Wie das Muskelmaterial des zweiten Viszeralbogens im Platysma und der mimischen Gesichtsmuskulatur weite Ausdehnung gefunden hat, so erreicht das Muskelmaterial des ersten Viszeralbogens in der eigentlichen Kaumuskulatur seine größte Entfaltung. Diesen Unterschied festzuhalten, ist von Wichtigkeit. Denn er bleibt beim fertigen Zustand des Menschen zeitlebens im Verhalten der Nerven ausgeprägt. Es gibt nur zwei motorische Nerven im Gesicht: den N. facialis (VII) und den 3. Ast des N. trigeminus (Vc). Jener ist ausnahmslos Nerv für die eigentlich mimischen Muskeln, dieser für die eigentlichen Kaumuskeln. Das Mittel der Innervation ist auch hier das beste Unterscheidungsmerkmal für die heterogenetischen Gruppen.

Bereits bei Haien existiert eine mächtige Muskelmasse, welche in den beiden gegeneinander beweglichen Bestandteilen der Kieferzange tiefe Muskelgruben bedingt und die enorme Vergrößerung des 1. Bogens gegenüber den folgenden im Gefolge hat (Abb. 317, blau). Aus diesem „Adductor mandibulae“ gehen die 4 Kaumuskeln der höheren Tiere hervor. Ein einheitlicher Nervenstamm, dem die einzelnen Nervenäste des Menschen angehören, ist noch ein Rest der ursprünglichen Zusammengehörigkeit (N. masticatorius). Außerdem gibt es zahlreiche Muskelvarietäten, welche den ursprünglichen Zusammenhang an der einen oder anderen Stelle noch jetzt beim Erwachsenen aufweisen. Beim Embryo ist er immer vorhanden

(Abb. 142). Da bei den Säugern das Palatoquadratum mit dem ursprünglichen Kiefergelenk in das Mittelohr eingetreten und dort zu Gehörknöchelchen umgewandelt ist (Abb. 318), so ist bei allen Kaumuskeln nur die Insertion am Unterkiefer die ursprüngliche geblieben. Die Ursprünge wurden vom Palatoquadratum auf die Außenfläche des Schädels verlegt und haben sich hier in sehr verschiedener, für jeden der definitiven Muskeln charakteristischer Weise verteilt. Nur ein Muskelchen hat den Weg in das Mittelohr mitgemacht, aber auch seine Insertion am ventralen Skelettstück, dem jetzigen Hammer, beibehalten (Spanner des Trommelfells, M. tensor tympani, Bd. III). Es ist ganz vom Knochen umflossen und in den Schädel aufgenommen worden mit Ausnahme der Ursprungsstelle, welche an der inneren Schädelbasis noch frei vorliegt, wenn man die Dura mater entfernt (Abb. 335). Es hat nichts mehr mit dem Kauen zu tun, ist aber noch wie die Kaumuskeln vom 3. Ast des N. trigeminus versorgt. Ein Teil der Kaumuskulatur hat den Weg zum Gaumen gefunden (M. tensor veli palatini, Bd. II).

Benennung der Kieferbewegungen

Die Tätigkeit der Kaumuskeln wird nach den Hauptrichtungen bestimmt, nach welchen der Kiefer beweglich ist. Zahlreiche Zwischenstellungen sind für Nomenklaturfragen weniger von Bedeutung. Es genügt, wenn wir unser Augenmerk hauptsächlich richten 1. auf das Öffnen und Schließen des Kiefers, 2. auf das Vor- und Zurückschieben der Zähne des Unterkiefers gegen diejenigen des Oberkiefers (Schlittenbewegung), 3. auf die seitlichen Mahlbewegungen der Zähne gegeneinander. Der Sprachgebrauch ist bei diesen Bezeichnungen nicht mißverständlich. Die feinere Analyse wird sich erst später bei der zusammenfassenden Betrachtung der Mechanik des Kauaktes geben lassen.

M. temporalis (Tab. S.742, Nr.6), Abb. 248, 335, 365, 369, 370

Musculus temporalis, Schläfenmuskel. Er ist der größte und kräftigste Kaumuskel. Von der Insertion am Unterkiefer breitet er sich unter der Jochbrücke hinweg fächerförmig an der seitlichen Schädelwand aus und füllt dabei die Schläfengrube aus. Auch in der Ruhe bestimmt der Muskel hier die Oberfläche des Kopfes. Bei Muskeldefekt infolge Lähmung oder hochgradiger Atrophie sinkt die Haut tief in die Schläfengrube ein, der Kopf kann wie skelettiert aussehen. Allerdings kann auch eine Rückbildung des Fettpolsters, welches dicht oberhalb der Jochbrücke auf der Muskeloberfläche liegt, ein Einsinken der Schläfe bewirken, während der Muskel selbst intakt ist. Davon wird weiter unten noch die Rede sein. Allgemein bekannt ist, wie beim Aufeinanderpressen der Zahnreihen gegeneinander und beim festen Kauen der Muskelbauch in der Schläfengegend vorspringt.

Größe und Kraft

Die besondere Größe des Schläfenmuskels ist eine unmittelbare Folge seines Ursprungswechsels. Er heftete seine Fasern, als das Palatoquadratum zum Gehörknöchelchen wurde, gerade an diejenigen Teile des Schädels, welche durch das Wachstum des Gehirns zu der größten Volumentfaltung gekommen sind (Abb. 327). So stand ihm automatisch ein Gebiet zur Verfügung, welches zur eigenen Vergrößerung auszunutzen die beste Gelegenheit war. In der Tat ist die Leistungsfähigkeit der Kaumuskeln, an welcher der Temporalis den größten Anteil hat, erstaunlich. Löwe und Gorilla können Beutetiere im Maule fortschleppen, die weit größer und schwerer sind als der eigene Körper. Bei Raubtieren benutzt der Temporalis die ganze Seitenfläche des Schädels und erzeugt hinten gegen das Okzipitale einen Querkamm des Knochens, welcher die Ursprungsfläche vergrößert. Bei höheren Affen (Gorilla) kommt ein Knochenkamm auf dem Scheitel, ähnlich der Crista sterni der Vögel, vor, weil sich die beiden Schläfenmuskel bis dorthin erstrecken. Beim Menschen reicht der Ursprung nur bis zur Linea temporalis inferior hinauf (Abb. 370). Die Ursprungsfläche ist zwar im Verhältnis zum Schädel kleiner, aber da die Gehirnkapsel selbst weitaus am größten geworden ist, so ist die absolute Größe des Muskels und seine Kraft beim Kieferschluß auch ohne besondere Knochenkämme ganz gewaltig.

Die Gesamtleistung aller Schließmuskeln des Kiefers läßt sich bei besonderer Übung so weit steigern, daß sie einer Belastung von zehn Zentner Druck entspricht. Durch stärkste Ausnutzung dieser Fähigkeit können Zahnathleten Kieselsteine zerbeißen oder ein Trapez mit den Zähnen tragen, an welchem der Körper eines Turners samt dessen Gewichtszunahme durch die Körperbeschleunigung beim Schwingen hängt. Davon hat der Temporalis mehr als einer der übrigen Kaumuskeln zu tragen. Die Muskeln sind deshalb der Kauleistung des Kulturmenschen allemal gewachsen (zum Zerbeißen von zähem Fleisch sind 1—$1^1/_2$ Zentner Druck erforderlich, bei zartem Braten sehr viel weniger; der schwache Punkt ist viel eher das Gebiß als der Muskel).

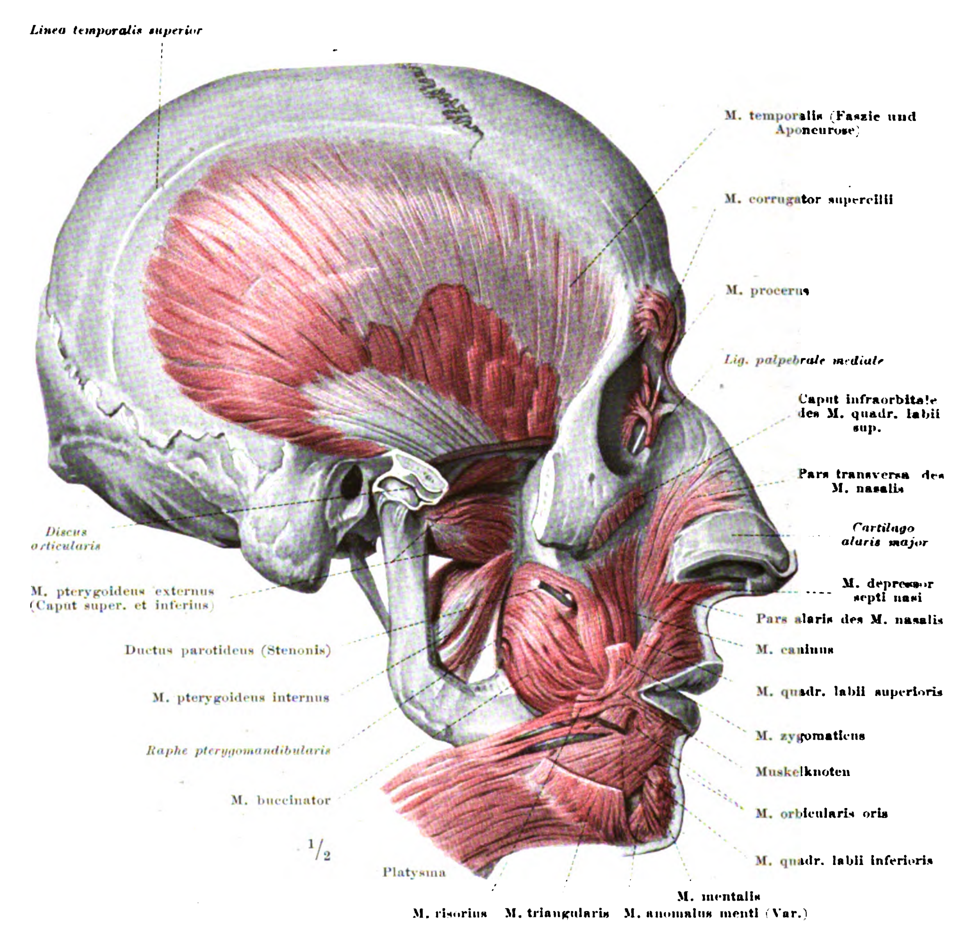


Abb. 369. Gesichtsmuskeln. Jochbrücke und Stück des Unterkiefers weggesägt, Kiefergelenk eröffnet. Sonde im Canalis lacrimalis (weiß). Innen von der Sonde — nach dem Innern der Augenhöhle zu — der M. lacrimalis Horneri (nicht bezeichnet).

Insertionshebel, Übersuffizienz

Die große Kraft des Temporalis äußert sich auch in der Besonderheit seiner Insertion. Er hat gegenüber den anderen Kaumuskeln seine eigene Muskelapophyse, den Processus coronoides des Unterkiefers, auf den manchmal auch der M. masseter fortgesetzt ist, der aber sehr oft nur den Temporalisansatz trägt (Abb. 370). Er reicht innen weiter am Knochen herab als außen. Die Hebelkraft ist durch diesen Fortsatz besonders groß, wenn der Mund geöffnet wird (Abb. 373b). Dann kommen auch die vorderen Bündel des Muskels, welche sich in die Nische zwischen Jochbein und großem Keilbeinflügel hineinschmiegen und der dicksten Partie des Querschnittes entsprechen, aus der schrägen in die

senkrechte Lage und arbeiten von dieser Ausgangsstellung aus, in welcher sie aufs äußerste gedehnt sind, mit größtem Arbeitsgewinn. Die Kraftleistung ist am größten, je mehr die Zähne sich schließen, also gegen Ende des Bisses. Die Muskelfasern sind nicht maximal verkürzt, wenn die Zähne aufeinanderstoßen, sondern können sich von da ab noch eine Weile kontrahieren. Auf dieser „Übersuffizienz" beruht das Kaugeschäft.

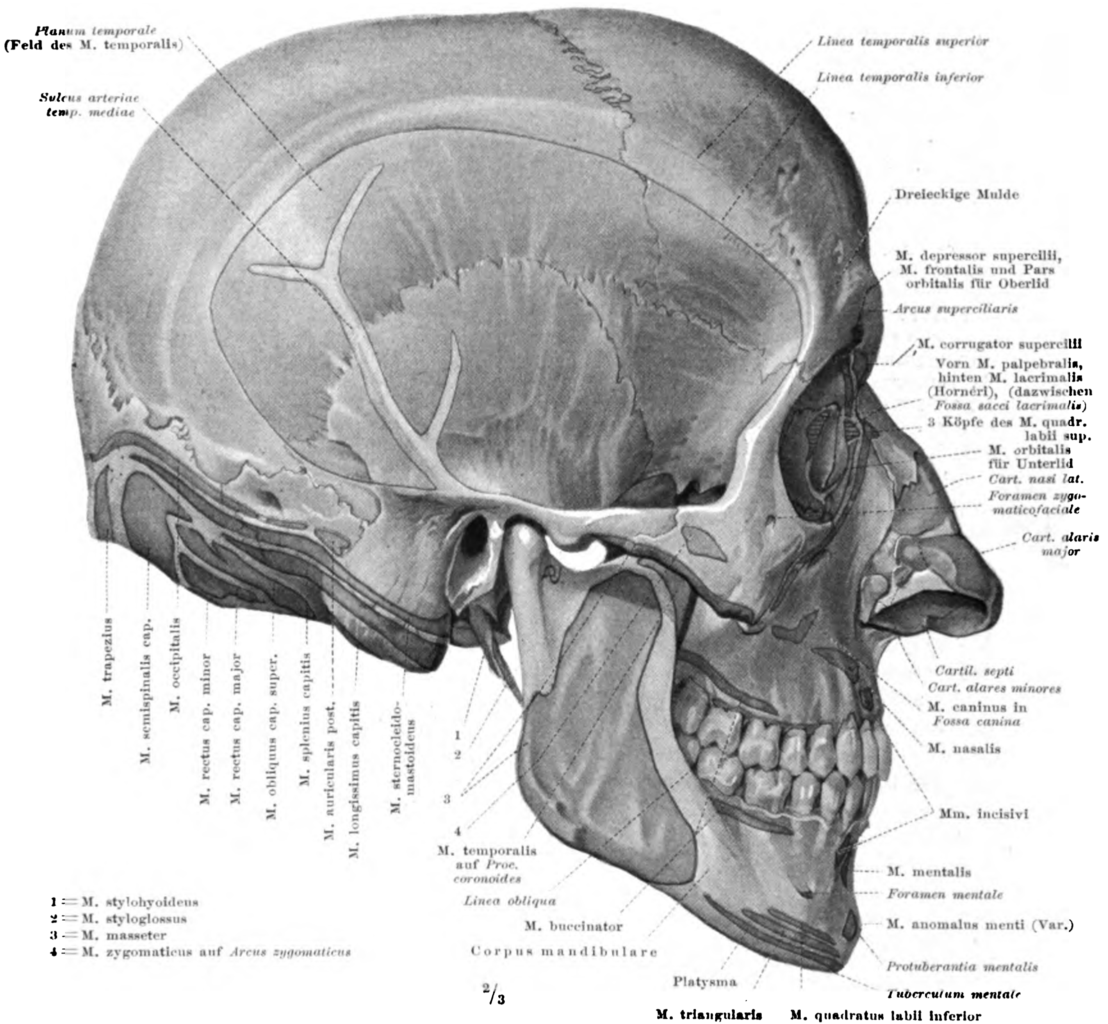


Abb. 370. Ursprünge (rot) und Insertionen (blau) der Kopfmuskeln, Seitenansicht des Schädels.

Die Endsehne ist als schöner Sehnenspiegel bereits oberhalb der Jochbrücke auf der Oberfläche des Muskels sichtbar (Abb. 369). Im Innern reicht sie viel weiter hinauf (Abb. 365).

Außer am Knochen entspringt der Schläfenmuskel auch an der Faszie, welche seine Oberfläche bedeckt, Fascia temporalis (siehe unten). Sie ist Ursprungsaponeurose von dem Zwischenraum zwischen den beiden Schläfenlinien ab, in welchem sie in das Periost des Schädels ausstrahlt und in Doppelte Fiederung, Wirkung

Sharpeysche Fasern des Knochens übergeht, bis ziemlich weit herab gegen den Jochbogen zu. Nimmt man die Aponeurose im Glauben, sie sei eine wirkliche Faszie, weg, so scheinen die Muskelfasern viel länger zu sein als sie tatsächlich sind. In Wirklichkeit sind es von der Ober- und Unterfläche des Muskels zusammentretende Fiederchen, welche höchstens 3 cm lang werden, weil sie bald an der im Innern des Muskels versteckten fächerförmigen Insertionssehne Ansatz finden (Abb. 365). Der doppelfiederige Innenbau trägt nicht wenig zu der ungeheuren Anzahl der Muskelfasern bei.

Die hinteren Fasern des Muskels verlaufen fast wagerecht (Abb. 273a). Sie sind reine Rückwärtszieher des Unterkiefers; sie bringen ihn wieder in die Ausgangsstellung zurück, wenn er nach vorwärts geschoben war (Abb. 273b). In minderem Maß haben alle Fasern der hinteren zwei Drittel des Muskels eine rückwärtsziehende Komponente. Alle Fasern des Gesamtmuskels vereinigen sich zu der oben geschilderten Schließbewegung. Andere Wirkungen finden nicht statt.

Innervation: Nn. temporales profundi (Vc). Der Ramus anterior kommt ober- oder unterhalb, der Ramus posterior stets oberhalb des oberen Kopfes des M. pterygoideus externus (Tab. No. 9) heraus; beide dringen in die Unterfläche des Temporalis ein. Um den vorderen Rand herum oder durch ihn hindurch zieht der Nervus zygomaticotemporalis (Vb) zur Haut der Schläfe. Blutzufuhr: Aa. temporales profundae aus A. maxillaris interna. Sie treten mit den gleichnamigen Nerven unmittelbar in die Unterfläche des Muskels. Außerdem wird letztere von der A. temporalis media erreicht, einem Ast der oberflächlichen A. temporalis superficialis, welcher oberhalb des Jochbogens das Muskelfleisch durchbohrt. Sie liegt in einer mehr oder minder deutlichen Knochenrinne auf der Unterfläche des Muskels, die im Ursprungsfeld frei von Muskeln bleibt (Abb. 370).

M. masseter (Tab. S. 742, Nr. 7), Abb. 99, 248, 335, 365, 370, 371

Musculus masseter. Er ist der oberflächlichste und beim Lebenden auffälligste Kaumuskel. Daher der Name, welcher schlechthin „Kaumuskel" bedeutet (μασσᾶσθαι, kauen); auch der Laie versteht unter „Kaumuskel" meistens nur ihn. Er ist dick, viereckig und nimmt den hinteren Teil der Backe ein (Abb. 99). Seine Lage auf der Außenfläche des Unterkiefers hat ein fast identisches Gegenstück im M. pterygoideus internus auf der Innenseite des Knochens (Tab. Nr. 8). Der Kieferwinkel ist als knöchernes Schaltstück zwischen beide Muskeln eingeschoben (Abb. 371); außerdem sind beide häufig durch eine sehnige Raphe, welche über den Kieferwinkel hinausragt, unmittelbar miteinander verbunden. So umgreift eine Muskelschlinge, welche außen und innen vom Unterkiefer am Schädel Posto gefaßt hat, den Kieferwinkel derart, daß der Kieferschluß mit großer Gewalt bewerkstelligt werden kann (Abb. 373a, gebogener Doppelpfeil). Die Kontraktionsfähigkeit der Schlinge ist nicht abgelaufen, wenn die Zahnreihen aufeinanderstoßen, was der Kaukraft zugute kommt (Übersuffizienz).

Der Gesamtquerschnitt des Muskelfleisches der Schlinge ist auf 11—12 qcm berechnet worden und übertrifft die für den Temporalis gefundene Zahl (8 qcm) um fast die Hälfte. Jeder Muskel einzeln ist an Querschnitt dem Schläfenmuskel unterlegen, doch kommt ihm der Masseter immerhin nahe (7,5 qcm). Die beim Schläfenmuskel erwähnten maximalen Leistungen der gesamten Kaumuskeln fallen also zum großen Teil zu Lasten der äußerlich am besten sichtbaren Masseteren.

Muskeltasche

Der Muskel ist vom Hinterrand aus leicht in zwei Portionen zerlegbar, eine oberflächliche schräge und eine tiefe, senkrecht absteigende. Die letztere ist äußerlich nur in einem kleinen dreieckigen Feld dicht vor dem Kiefergelenk sichtbar (Abb. 248). Doch erstreckt sie sich unter die oberflächliche Portion und hängt am Vorderrand mit ihr zusammen. Hier sind beide Portionen nur künstlich trennbar. Das Muskelfleisch ist also einer Tasche vergleichbar, welche am Hinterrand des Masseter ihre Öffnung und am Vorderrand ihren Boden hat. Sie ist mit lockerem Bindegewebe angefüllt, welches die Verschiebung der beiden Portionen gegeneinander begünstigt. Die Verschiebung ist not-

wendig, weil durch sie der Antrieb, welchen die schrägen oberflächlichen Fasern dem Kiefer nach vorn geben, seitens der senkrechten tiefen Fasern teilweise ausgeglichen wird. Die Gesamtausbreitung der drei Schließmuskeln (Temporalisfächer und Masseter-Pteryg.-Schlinge) ist so ausgewogen, daß eine reine Schließbewegung des Kiefers resultiert.

Die Bewegung nach vorn, welche den vorderen Temporalisfasern und der oberflächlichen Portion des Masseter dem Faserverlauf nach zugeschrieben werden könnte, scheint in Wirklichkeit allein dem M. pterygoideus externus (Tab. Nr. 9) obzuliegen. Jedenfalls kann keiner der beiden bisher besprochenen Muskeln die Tätigkeit des letzteren ersetzen (S. 765).

Fossa condyloidea und *Canalis condyloideus*
Foramen pterygospinosum (Civinini)
Ligamentum pterygospinosum
Processus condyloides
Processus coronoides
Foramen mandibulare
Lingula mandibulae
Crista buccinatoria
Sulcus mylohyoideus
Linea mylohyoidea
Fovea submaxillaris
Fovea sublingualis
Spina mentalis
Fossa digastrica
M. digastricus (Venter anterior)
Choanae
Foramen ovale
M. pterygoideus externus
Capitulum, *Collum* } *Proc. condyloides mandibulae*
Lig. sphenomandibulare
Lig. stylomandibulare
M. styloglossus
M. masseter
Angulus mandibulae (Raphe zwischen M. masseter und M. pterygoid. int.)
M. pterygoideus internus
Hamulus pterygoideus
M. mylohyoideus
M. genioglossus
M. geniohyoideus
2/3

Abb. 371. Innenfläche des Unterkiefers, rechts Muskelfelder und Kaumuskeln. Schädelbasis mit Foramen pterygospinosum (Var.), siehe Keilbein S. 694.

Infolge der verschiedenen Faserrichtung reicht der Ursprung der oberflächlichen Portion an der Jochbrücke nur bis zum Beginn des Schläfenbeines, der Ursprung der tiefen Portion dagegen bis unmittelbar an das Kiefergelenk. Die tiefen Fasern entspringen zudem an der Innenfläche der Jochbrücke (Abb. 365) und weit hinauf am tiefen Blatt der Fascia temporalis. Sie werden häufig mit zum Schläfenmuskel gerechnet, sind aber vom gleichen Nerv versorgt wie der Masseter und deshalb zu diesem gehörig. Bei vielen Säugern ist dieser Teil ein besonderer Muskel, hauptsächlich bei Nagern (M. zygomaticomandibularis). Noch inniger kann die Beziehung des Masseter zum Temporalis an der Insertion beider sein. Es ist der Masseter häufig bis gegen die Spitze

Beziehung zum Temporalis und Unterkiefer

des Processus coronoides hin angeheftet und sogar manchmal dort mit der Insertionssehne des Temporalis verwachsen. In solchen atavistischen Zuständen ist die Trennung des einst einheitlichen Materials unterblieben. Der Weg, den die Muskelapophyse des Knochens unter der formenden Kraft der Muskeln gewonnen hat, ist im Insertionsfeld erkennbar (Abb. 370). Die beiden Portionen des Masseter inserieren gemeinsam am Kieferwinkel und beeinflussen dessen ganze Form (Processus angularis, siehe S. 733). Nicht selten sind schräge Leisten auf der Außenfläche des Kieferwinkels unter der Einwirkung der Sehnenbündel entstanden, Tuberositas masseterica. Alle Knochendetails sind wegen des kräftigeren Gebisses beim Mann deutlicher als bei der Frau.

Die Oberfläche des Masseter ist durch ein Sehnenblatt gedeckt, welches vom Ursprung aus verschieden weit hinabreicht. Unter ihm verbirgt sich ein recht komplizierter Innenbau mit reichlicher Fiederung der Muskelfasern und Durchflechtung fleischiger und sehniger Bündelchen, welche zum Teil von der oberflächlichen Aponeurose entspringen. — Die Außenfläche des Muskels ist zum Teil von der Ohrspeicheldrüse, Glandula parotis, überlagert und mit dem Masseter durch eine gemeinsame Faszie verbunden, Fascia parotideomasseterica (S. 761). Im oberen Drittel überkreuzt den Muskel der Ausführungsgang der Ohrspeicheldrüse (Abb. 369). Der Vorderrand, der nur von Fett bedeckt, sonst frei unter der Haut liegt und auch am kräftigsten ist, ist am deutlichsten beim Lebenden; er läßt sich durch die Haut hindurch zwischen die Fingerspitzen fassen, aber auch die Oberfläche ist stets gut abzutasten. Sinkt die Wange bei mageren Individuen ein, so entsteht in der Haut eine Grube oder Furche dicht vor und längs dem Vorderrand des Masseter: hintere Wangenfurche.

Innervation: N. massetericus (Vc). Der Nervenast tritt durch die Incisura mandibulae hervor und dringt in die Unterfläche der beiden Portionen ein. Auf der Oberfläche des Muskels innerhalb der Glandula parotis und auf der Fascia parotideomass. liegen zahlreiche Ästchen des Fazialis (VII), welche aber den Masseter nur überkreuzen, ohne ihn zu versorgen. Blutzufuhr: A. masseterica aus A. maxillaris interna. Sie verläuft mit dem gleichnamigen Nerv. Am Vorderrand des Masseter auf dem Unterkiefer liegt die A. maxillaris externa, deren Puls an dieser Stelle zu fühlen ist Sie gibt dem Masseter ein Ästchen ab. Etwas weiter nach hinten liegt auf der Insertion des Muskels die Vena faciei anterior. Die A. transversa faciei aus der A. temporalis superficialis überquert die Oberfläche des Masseter und sendet in seine Muskeltasche ein Ästchen. In die Tiefe des Muskels gelangen Ästchen der A. buccinatoria und A. alveolaris sup. post. (beide zur A. maxillaris interna gehörig).

M. pterygoideus internus (Tab. S. 742, Nr. 8), Abb. 335, **369, 371**, 373a

Musculus pterygoideus internus. Die beiden Flügelmuskeln, Mm. pterygoidei, liegen innen vom Processus coronoides des Unterkiefers. Sie werden beim menschlichen Embryo erst aus der einheitlichen Anlage der Kiefermuskulatur abgelöst, wenn der Unterkiefer gegen die Schläfe zu auswächst und in das Muskelblastem eindringt. Die Muskeln sind nach den Anheftungen genannt, die ihr Ursprung am Flügelfortsatz des Keilbeins gefunden hat, nachdem die ursprüngliche Befestigung am Palatoquadratum, dem jetzigen Amboß, verloren ging. Wahrscheinlich ist der Internus der älteste, der Externus dagegen eine spätere Abspaltung, die, wie wir sehen werden, für das Kiefergelenk der Säuger eine ganz besondere Stellung und Bedeutung gewinnt.

Der Internus ist dagegen ein Synergist des Temporalis und Masseter. Er ist das Gegenstück des letzteren an der Innenseite des Kiefers. Die Muskelmassen, welche den Kieferschluß herbeiführen, sind so verteilt, daß von ihnen drei Schichten eingenommen werden, die den Ursprungsflächen am Schädel entsprechen. Der Masseter liegt zu äußerst entsprechend der Jochbrücke, der Temporalis in der Mitte, entsprechend der Schläfengrube, der Pteryg. internus zu innerst, entsprechend dem Flügelfortsatz (Abb. 335). Die Insertion am Kiefer ist dagegen viel weniger differenziert und weniger weit vom Ausgangszustand entfernt. Der Pterygoideus internus liegt so versteckt hinter dem Unterkiefer, daß er von außen nur nach Entfernung der Knochenplatte, welche ihn deckt,

sichtbar zu machen ist (Abb. 369). Von hinten unten ist er ohne Knochenresektion zugänglich (Abb. 371). Seine Kontraktion ist hier beim Lebenden zu fühlen.

Sein Querschnitt ist viel größer als die Hälfte des Querschnittes des Masseter (4: 7,5 qcm). — Der fleischige Ursprung füllt die nach hinten gewendete Grube des Flügelfortsatzes, Fossa pterygoidea, ganz aus. Es können hier Faserzusammenhänge mit den Ursprüngen des M. tensor veli palatini für den Gaumen und des M. tensor tympani für das Trommelfell bestehen, welche auf die ursprüngliche Zusammengehörigkeit dieser Muskeln zurückgehen. Da wo der M. tensor veli palatini über die Innenfläche des Pteryg. int. hinwegzieht, ist diese sehnig und gegen Reibung geschützt. — Die Insertion an der Innenseite des Kieferwinkels ist leicht verbreitert (Abb. 371). Die Beziehungen zum Kieferwinkel und zur Insertion des Masseter sind bei letzterem nachzusehen.

Innervation: Ein Trigeminusast (Vc) dringt in die Innenfläche des Muskels ein. Zwischen der Außenfläche des Muskels und der Innenfläche des Unterkiefers (Spatium pterygomandibulare) steigt der dicke Nervus lingualis (Vc) hinab, ohne den Pteryg. int. zu versorgen. Der Nervus alveolaris inferior (Vc) und die gleichnamige Arterie sind gegen den Muskel durch das Lig. sphenomandibulare gesondert (Abb. 371). Obgleich sie dem Knochen zunächst liegen, bleiben sie bei Brüchen des Unterkiefers an dieser Stelle doch oft zunächst intakt, können aber nachträglich durch den Knochenkallus geschädigt werden. Blutzufuhr: Äste der A. maxillaris interna (A. alveol. sup., A. alv. inf., A. buccinatoria usw.). Der Muskel kann vom Stamm der A. max. interna durchbohrt sein; doch läuft das Gefäß gewöhnlich oberflächlich zu ihm.

M. pterygoideus externus (Tab. S. 742, Nr. 9) Abb. 335, 369, 371

Musculus pterygoideus externus. Er ist ein kleiner, aber kräftiger Muskel, welcher nur zum Teil vom Unterkiefer bedeckt wird (Abb. 369), aber trotzdem gegen die Oberfläche des Gesichtes tief versteckt liegt (unter dem Jochbogen, Masseter und Temporalis). Seine obere Portion entspringt fleischig am Keilbeinflügel. Ihre Insertion geht sehnig in den Zwischenknorpel des Kiefergelenkes über (Abb. 369). Das Muskelfleisch ist in der Richtung von oben nach unten abgeplattet, wendet also seine Schmalseite nach außen und ist deshalb stärker, als die Außenseite vermuten läßt. Die untere Portion ist durch eine dreieckige Spalte von der oberen getrennt. Nach dem Gelenk zu schließen beide Portionen dicht aneinander, doch geht die untere lediglich an den Knochen, nicht an den Zwischenknorpel. Sie ist seitlich abgeplattet und wendet deshalb ihre größte Fläche nach außen. Der Ursprung umfaßt die ganze Außenfläche der lateralen Lamelle des Flügelfortsatzes mit Ausnahme einer kleinen Stelle vorn unten, an welcher häufig der Pteryg. internus etwas nach außen greift und über den Pteryg. externus herüberfaßt.

Das dreieckige Loch zwischen beiden Pterygoidei ist mit der Spitze nach vorn gerichtet. Aus ihm treten die großen Nervenäste des 3. Trigeminusastes heraus (N. lingualis, N. alveolaris inferior).

Doppel- und einseitige Tätigkeit

Die Fasern des Pteryg. externus ziehen gerade in entgegengesetzter Richtung wie die hinteren horizontalen Fasern des Temporalis. Kontrahieren sich die beiderseitigen Pterygoidei externi gleichzeitig, so bewegen sie die Unterkieferköpfchen in gerader Richtung nach vorn. Diese Bewegung der Köpfchen tritt beim Vorschieben des Kinnes und beim Öffnen des Mundes regelmäßig ein und ist meistens durch die Haut zu sehen, immer aber vom Gehörgang aus zu fühlen (S. 699). Der Pterygoideus externus nimmt so eine ganz einzigartige Stellung unter den Kaumuskeln ein; da er eine horizontale Lage und Faserrichtung hat, kann er die Schließmuskeln des Kiefers nicht unterstützen und ist, wenn man „Kauen" im engeren Sinn = Kieferschließen auffaßt, gar kein Kaumuskel. Da aber das Öffnen im Kiefergelenk die notwendige Voraussetzung für den Kieferschluß ist, rechnen wir beide Bewegungen zusammen zum „Kauen" und lassen dem Pterygoideus externus seine Stellung unter den eigentlichen Kaumuskeln, weil er der Öffner der Kieferzange ist. Auf die Art und Gesetzmäßigkeit dieser Tätigkeit wird erst bei den passiven Einrichtungen des Kiefergelenkes eingegangen werden.

Wirkt nur der Pterygoideus externus einer Kopfseite und bleibt das Kieferköpfchen auf der anderen Kopfseite stehen, so schiebt er an sich den Kiefer schräg nach vorn. Auch die Richtung der Fasern auf der Seite des Arbeitsmuskels gibt ihm einen aktiven Zug nach innen und führt also das Kinn nach der Seite des ruhenden Partners hinüber. So wird die volle Kraft für die Schrägführung ausgenutzt. Die medialwärts gerichtete Komponente kommt bei der gleichzeitigen Kontraktion beider Muskeln nicht zum Vorschein, weil sie sich gegenseitig kompensieren. Kontrahieren sich die Pterygoidei externi alternierend, so wird der Unterkiefer abwechselnd schräg nach rechts und links geführt (Mahlbewegung). Diese Bewegung ist bei den Wiederkäuern besonders ausgebildet. Beim Kulturmenschen wird sie im allgemeinen nur so weit ausgeführt, daß zuerst die Höckerchen der Molaren gerade aufeinander zugeführt werden und daß dann erst diejenigen der unteren Zahnreihe zwischen diejenigen der oberen eingreifen (Abb. 372). Dadurch kommen die Bissen zwischen schräg aneinander vorbeigleitende Kauflächen der Zahnhöckerchen zu liegen, welche faserige Bestandteile der Nahrung abscheren oder wie Mühlsteine zwischen sich zerreiben.

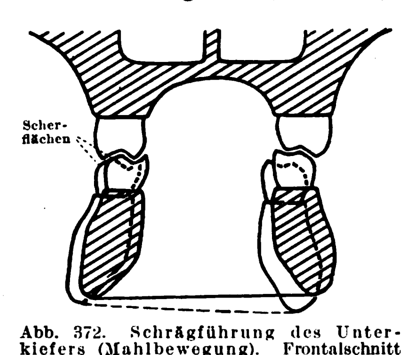


Abb. 372. Schrägführung des Unterkiefers (Mahlbewegung). Frontalschnitt durch den Ober- und Unterkiefer mit Backenzähnen. Unterkiefer nicht schraffiert: rechts vom Beschauer ist die Arbeitsseite; kenntlich an der Verschiebung des unteren Molars nach innen (lingual). Unterkiefer schraffiert: Stellung bei Kieferschluß. — Die Schrägstellung bei einseitiger Wirkung (rechts) ist auch an der gestrichelten Verbindungslinie der Unterränder der Mandibula kenntlich (bei Kieferschluß ausgezogene Linie). Schema (Umzeichnung einer Abbild. von Straßer, Lehrb. der Muskel- und Gelenkmechanik, Fig. 211).

Innervation: Ein Trigeminusast (Vc) tritt in die Hinterfläche der unteren Portion ein. Die obere Portion wird durch ein Geflecht von der unteren aus versorgt (manchmal dem N. buccinatorius angeschlossen). Aus der Spalte zwischen beiden Köpfen treten der N. buccinatorius und N. temporalis prof. ant. nach außen. Blutzufuhr: zahlreiche kleine Äste aus A. maxillaris interna. Diese tritt durch den Spalt zwischen beiden Köpfen nach innen (häufig durchbricht sie das Muskelfleisch des unteren Kopfes). Zwischen den beiden Köpfen liegt ein feines Venengeflecht.

Die Faszienlogen der Kaumuskeln

Sowohl die Schläfengrube, in welcher der Temporalis liegt, wie auch der Masseter und die auf und hinter ihm liegende Ohrspeicheldrüse (Glandula parotis) sind abgeschlossen durch Faszien, welche den Kaumuskeln bestimmte Räume (Logen) zur Verfügung lassen und im übrigen die an verletzlichen zarten Teilen reiche Umgebung gegen Quetschwirkungen der mächtigen Muskeln sicherstellen. Bei der eigenartigen Verschieblichkeit des Kiefergelenkes (transportables Gelenk) ist die strenge Sonderung von Faszienkapseln für die Präzision der Führung der Knochen seitens der Muskeln wichtig; denn die Muskelbäuche haben ihr ganz bestimmtes Bett, welches sie nicht verlassen können. Hohlräume, welche sich bei Mitverschiebungen der Muskeln mit dem Skelett ergeben könnten, werden durch Fettpolster ausgefüllt, welche bekanntlich, wenn es nötig ist, ausweichen, ohne selbst Schaden zu erleiden, und andrerseits angesaugt werden, sobald ein luftverdünnter Raum zu entstehen droht. Solches „Baufett" tritt in der Umgebung der Kaumuskeln bereits bei viermonatlichen Föten auf und ist beim Neugeborenen besonders mächtig, um die starken räumlichen Verschiebungen beim Sauggeschäft auszugleichen. Selbst bei starken Abmagerungen des Erwachsenen und im Greisenalter verschwindet es nicht ganz.

Die Schläfenfaszie, Fascia temporalis (Abb. 375), hat zwei Blätter, eine Lamina superficialis und L. profunda (Abb. 365). Sie entspringen gemeinsam in dem Zwischenfeld zwischen den beiden Schläfenlinien (Linea

temporalis sup. und inf., Abb. 370). Die Faszie ist hier zugleich Ursprungsaponeurose für den Schläfenmuskel. Nach dem Jochbogen zu trennen sich die beiden Blätter. Das äußere inseriert am Außenrand das innere am Innenrand der Knochenspange längs deren ganzer Breite. Der Raum zwischen den Blättern, Spatium interfasciale, ist allseitig osteofibrös abgeschlossen und mit einem flachen Fettlappen gefüllt. Er liegt auf dem Schläfenmuskel wie ein nachgiebiges Wasserkissen. Die Schläfengrube selbst ist davon völlig getrennt und lediglich dem Muskel reserviert. Die Schwellung des Muskels beim Kauakt wird durch diese Einrichtung dahin geleitet, wo sie am unschädlichsten ist: unter die Haut der Schläfe; der enge Durchschlupf unter der Jochbrücke kann nicht verlegt werden.

Unterhalb des Jochbogens schließt sich die Fascia parotideomasseterica an (Abb. 375). Ein lockerer Faszienschlauch für den Masseter umschließt gleichzeitig den Hinterrand des aufsteigenden Kieferastes (F. masseterica). An die Außenfläche des Schlauches ist die Kapsel für die Ohrspeicheldrüse (F. parotidea) angelötet. So kann man sich unter dem oben genannten Doppelnamen beide vereinigt als einen gemeinsamen Sack vorstellen, welcher nach unten überall geschlossen ist. Er ist an seinem Boden zwischen Griffelfortsatz und Kieferwinkel durch derbere Züge verstärkt, welche als selbständiges Band künstlich herauspräpariert werden können, Ligam. stylomandibulare (Abb. 371). Die Hinterwand des Sackes steht auch mit den Faszien der beiden Flügelmuskeln in Verbindung. Seine einzige Öffnung liegt zwischen dem Griffelfortsatz und dem Hinterrand des M. pterygoideus internus (die Stelle ist in Abb. 371 gut einzusehen).

Eiteransammlungen in dem lockeren Gewebe hinter dem Rachen finden leicht diesen Weg in den Sack und in das Parotisgewebe hinein (retropharyngeale Abszesse). Die dem Gesicht zugewendete Oberfläche der Kapsel ist sehr widerstandsfähig. Man weiß das aus der Beobachtung von Abszessen: eitriges Sekret bricht eher nach der Schläfengrube, dem äußeren Gehörgang, dem Hals oder Mund zu durch als gegen die Haut. Schwellungen der Parotis sind deshalb sehr schmerzhaft.

Die Fascia parotideomasseterica hat genetische Beziehungen zu den mimischen Muskeln. Ursprünglich lagen die einwandernden Muskelzüge für das Gesicht an dieser Stelle (M. auriculolabialis superior et inferior, siehe mimische Muskeln). Reste von ihnen existieren noch in den Muskelchen der Ohrmuschel selbst. Doch kommen gelegentlich Muskelfasern auch in der Faszie vor. Beim Embryo liegen dichte Muskelanlagen an dieser Stelle. Die Faszie ist an die Stelle der rückgebildeten mimischen Muskulatur getreten.

Eine Fortsetzung der Galea aponeurotica (S. 794) liegt außen von der Schläfenfaszie und ist von ihr durch Bindegewebe getrennt, welches an der Linea temporalis superior mit Sharpeyschen Fasern des Knochens in Verbindung steht. Die Grenze ist dicht genug, um Blutergüsse oder künstliche Einspritzungen in das subgaleale Gewebe am weiteren Vordringen zu verhindern. Sie heben die Haut entsprechend der Schläfengrube in die Höhe. Das so begrenzte, für die Entzündungslehre wichtige subgaleale Bindegewebe wird von manchen Autoren als besondere Faszie aufgefaßt (der Name: „Fascia temporalis superficialis" führt zur Verwechslung mit der „Lamina superficialis" der Fascia temporalis, die darunter liegt und ganz unabhängig von jener ist; er ist deshalb zu vermeiden).

Baufett der Kiefergegend und Augenhöhle

Fortsetzungen der Fascia parotideomasseterica hüllen den großen Fettpfropf der Wange ein, Corpus adiposum buccae (Bichati), dessen Besprechung deshalb hier angeschlossen sei. Er wird beim Öffnen des Kiefers in den Hohlraum angesaugt, welcher sonst zwischen Knochen und Backentasche, M. buccinator (Tab. Nr. 16), entstehen würde, und wird bei Kieferschluß nach der Haut zu vorgedrängt. Besondere Wichtigkeit hat der Fettpfropf für die Bewegungen der Backe selbst. Darauf ist bei dem genannten mimischen Muskel zurückzukommen. Die Fettmasse ist wohl begrenzt; sie kann als geschlossener Körper aus der Nische herausgezogen werden, welche am vorderen Masseterrand beginnt und in der Tiefe auf dem Bukzinator, dem

Tuber maxillae und den Flügelmuskeln endet (Abb. 365, 369). Nach außen umgreift der Fettpfropf etwas den Vorderrand des Masseter. In der Tiefe setzt sich die fetterfüllte Nische in die Unterschläfengrube (Facies infratemporalis des Keilbeins) und durch die Fissura orbitalis inferior in die Augenhöhle fort. Ich erinnere an die durch Abb. 323—325 erläuterten Umgestaltungen, durch welche ein Raum, welcher ursprünglich frei außerhalb des Schädels lag, teils als Augenhöhle in ihn einbezogen, teils hinter dem aufsteigenden Kieferast eng der Schädelbasis angeschlossen und nach außen abgegrenzt wurde. Für den letzteren Vorgang vergleiche auch Abb. 318 (punktierter Kontur des Kieferastes). Je mehr die Gehirnkapsel wächst und je mehr die Schädelbasis verbreitert wird (Abb. 348), um so geräumiger wird diese Gegend. Das Fett sammelt sich zwischen den Muskeln und übrigen Weichteilen, um Lücken auszugleichen und in den von Hartteilen umgrenzten Räumen Platz für die Muskelbäuche bei ihrer Kontraktion zu schaffen. Das Orbitalfett wird nachträglich durch die Abgrenzung der Augenhöhle gegen die Schläfengrube von dem BICHATschen Fettpfropf abgetrennt.

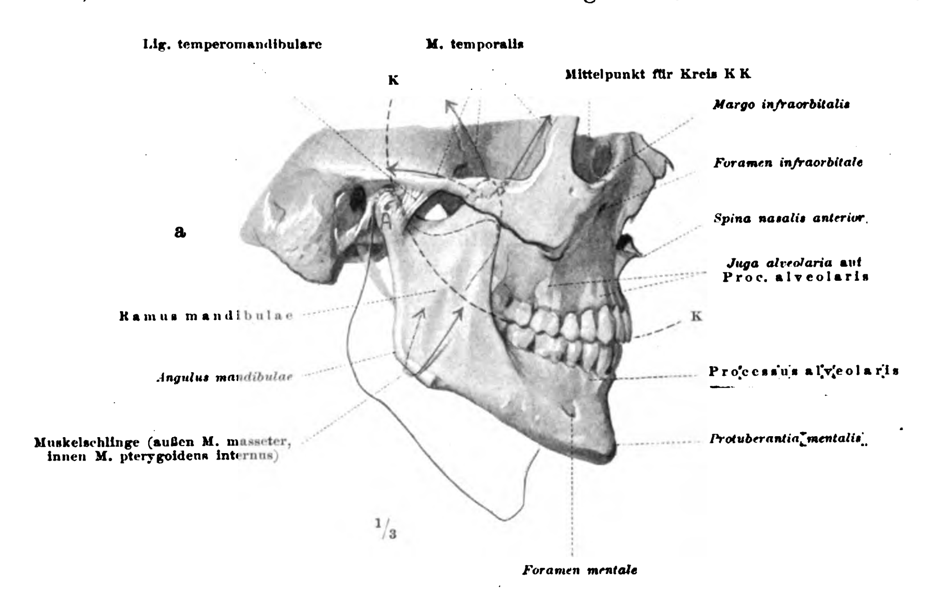
2. Das Kiefergelenk als passiver Bewegungsfaktor und der Kauakt.

Transportables Gelenk, Zwangslauf

Das Kiefergelenk, Articulatio mandibularis, wird durch die vier Kaumuskeln im eigentlichen Sinn und durch die Muskeln des Mundbodens bewegt; außerdem wirkt in aufrechter Körper- und Kopfhaltung die Schwere des Unterkiefers mit. Greifen wir von den möglichen Bewegungen die häufigste und bekannteste heraus: die Abwärts- und Aufwärtsbewegung des Unterkiefers, so dient von den genannten aktiven Faktoren zum Kieferschluß der Dreimuskelkomplex: Temporalis, Masseter, Pterygoideus internus (Abb. 373a, Pfeile); zum Öffnen des Kiefers dienen der Pterygoideus externus und die Mundbodenmuskeln (Abb. 373b, schwarze Pfeile). In beiden Fällen müssen beide Kiefergelenke und die zu ihnen gehörigen beiderseitigen Muskeln gleichmäßig und gleichsinnig beteiligt sein. Darin gleichen die beiden Kiefergelenke den beiden Gelenken zwischen Atlas und Schädel.

Der Öffnungsvorgang besteht darin, wie wir jederzeit an uns selbst kontrollieren können, daß das Kieferköpfchen nach vorn rückt und daß hinter ihm die Haut in die Gelenkgrube einsinkt, in welcher sich anfangs das Köpfchen befand. Ist dieser Vorgang für das Auge durch ein starkes Fettpolster der Haut verdeckt, so kann man ihn fühlen, indem man die Fingerkuppen der dreigliedrigen Finger nebeneinander auf die Jochbrücke legt; man bemerkt dann leicht, wie das Kieferköpfchen, welches anfänglich unter dem dicht vor der Ohröffnung liegenden Finger fühlbar ist, unter den nächstfolgenden Finger rutscht. Oder man steckt eine Fingerkuppe in den äußeren Gehörgang, tastet dessen vordere Wand ab, an welcher das Kieferköpfchen als hartes Widerlager erkennbar ist und fühlt, wie vom ersten Beginn der geringsten Öffnungsbewegung ab das Köpfchen nach vorn hin dem Finger entschwindet. Man wird selbst bei größter Willensanstrengung nicht vermögen, das Köpfchen an seinem Ort zu halten und trotzdem den Kiefer zu öffnen. Dieses Phänomen will genau beim Lebenden studiert sein. Denn in ihm liegt der Schlüssel für das Verständnis des Kiefergelenkes, eines der eigenartigsten Gelenke unseres Körpers. Denn die eben beschriebene Öffnungsbewegung kann an der Leiche passiv durch eine ganz andere ersetzt werden und wird tatsächlich beim Herabfallen des Kiefers im Tode in einer Weise ausgeführt, welche im Leben gar nicht möglich ist. Bei der Leiche bewegt sich der Unterkiefer um eine quere Achse, welche durch beide Kieferköpfchen geht, solange sie in der Gelenkgrube stehen, wie in einem echten Scharniergelenk (Abb. 373a, A). Der Kieferast pendelt wie

ein einarmiger Hebel hin und her und überträgt seine Exkursionen auf den Körper des Unterkiefers (Winkelhebel). Man kann diese Bewegungsart den Raubtiertypus nennen. Denn er ist bei diesen Tieren im Leben allein möglich. Daran, daß er beim lebenden Menschen nicht möglich ist, erkennen wir sofort,



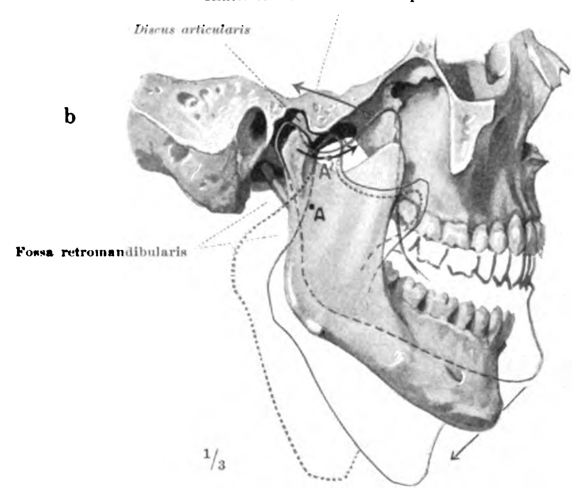


Abb. 373. Kiefergelenk. a) Passive Öffnungsbewegung, nur bei der Leiche möglich. b) Aktive Öffnung, einzige Öffnungsmöglichkeit beim Lebenden. In Abb. a gibt es nur den einen Drehpunkt A (rot). In Abb. b sind 4 verschiedene Kieferstellungen angegeben. Von der blau gezeichneten bis zu der mit ausgezogenem roten Kontur wiedergegebenen Stellung liegt der Drehpunkt ungefähr in A (schwarz). Von der einen rot gezeichneten Stellung in die andere bewegt sich der Kiefer um A′ (rot). Rote Pfeile: Schließmuskeln. Schwarze Pfeile: Öffnungsmuskeln. K—K Kreislinie durch das Kieferköpfchen und die Zahnkanten, Mittelpunkt des Kreises in der Augenhöhle.

daß die Eigenart unseres Kiefergelenkes nicht in der Führung durch passive, auch bei der Leiche vorhandene Faktoren restlos bestimmt werden kann, sondern daß nur im Leben vorhandene, aktive Muskelkräfte eine Erklärung geben

können. Aus den beiden schwarzen Pfeilen in Abb. 373b ist zu ersehen, wie der Pterygoideus externus das Köpfchen unmittelbar nach vorn zu ziehen vermag, und wie die Mundbodenmuskeln, indem sie das Kinn rückwärts und abwärts ziehen, mittelbar das Köpfchen in die gleiche Richtung drehen, welche ihm der Pterygoideus externus gibt. Man kann für zwei ganz bestimmte Stellungen, z. B. die Ausgangs- und Schlußstellung einer beliebigen Öffnungsbewegung, den Punkt ermitteln, welcher beiderseits im Kiefer unbewegt geblieben ist. Er ist für die blau und rot (mit ausgezogener Linie) gezeichneten beiden Kieferstellungen in Abb. 373b mit A (schwarz) markiert. Er würde in unserem Fall ungefähr in der Höhe des Foramen mandibulare liegen. Es ist am anschaulichsten sich vorzustellen, daß der Kiefer beim lebenden Menschen um eine durch die beiderseitigen Punkte A gelegte Querachse wie ein doppelarmiger Hebel bewegt werden kann. Der obere Hebelarm mit dem Köpfchen geht nach vorn, der untere Hebelarm mit dem Kieferwinkel geht nach hinten und nimmt dabei den Kieferkörper und die Zähne mit. Das Kiefergelenk ist also ein transportables Gelenk. Daß das Kieferköpfchen bei jeder Öffnungsbewegung nach vorn verschoben wird, schreibt uns die Innervation unserer Muskulatur vor, ohne daß wir darum wissen oder absichtlich etwas dazu tun. Durch diesen rein nervös vermittelten Zwangslauf wird der Kieferast nicht wie beim Raubtiertypus um so stärker gegen den Warzenfortsatz gedrängt, je mehr sich der Kiefer öffnet, sondern der Raum zwischen Warzenfortsatz und Kieferast, Fossa retromandibularis, bleibt ungefähr gleich groß. Da hier sehr wichtige Gebilde untergebracht sind, z. B. der Nervus facialis für die gesamte mimische Muskulatur und große Gefäße, so werden diese nicht unter Druck gesetzt. Auch liegt die Eintrittspforte des Nervus alveolaris inferior in den Unterkiefer, das Foramen mandibulare, an der ruhigsten und geschütztesten Stelle des Knochens. Dagegen wird die Ohrspeicheldrüse (Glandula parotis), welche in den retromandibulären Raum hineinragt und hier ihre größte Massenausdehnung gefunden hat, beim Kauen durch die Schaukelbewegung des Kieferastes um die imaginäre Achse A gleichsam massiert, weil bald das obere, bald das untere Hebelende auf die Drüse drückt, ohne daß sie im ganzen gequetscht wird. Der Abfluß des Sekrets auf dem langen Weg zur Mundhöhle wird dadurch erleichtert.

Vergleich des menschlichen Universalapparates mit Spezialtypen

Betrachtet man das Kieferköpfchen allein, so macht es eine Schlittenbewegung; es geht beim Öffnen nach vorn, beim Schließen des Kiefers nach hinten. Die Bewegung nach hinten liegt in der Richtung der hinteren Fasern des Temporalis, des Antagonisten für den Pterygoideus externus (Abb. 373b, roter Pfeil). Der Schlittentypus ist in extremer Weise bei den Nagetieren ausgebildet; durch ihn wird ein sagittales Gleiten des Kieferköpfchens nach vorn und hinten erleichtert. Der Kiefer kann wohl in jeder Stellung geöffnet werden, aber er muß nicht geöffnet sein. Auch der Mensch kann das Kinn vorstrecken und dabei das Kieferköpfchen nach vorn bewegen, ohne den Kiefer zu senken. Wir nennen die extreme Schlittenbewegung: Nagertypus. Eine dritte extreme Spezialisation treffen wir bei den Wiederkäuern, bei welchen die seitlichen Verschiebungen des Unterkiefers gegen den Oberkiefer am höchsten ausgebildet sind: Mahlbewegung (Motus molitorius). Man stelle sich vor, daß der Transport des Kieferköpfchens nicht beiderseitig, sondern nur einseitig, und zwar abwechselnd rechts und links geschieht. Dadurch kommt der Unterkiefer in eine schaukelnde Bewegung, bei welcher abwechselnd das Köpfchen, welches stehen bleibt, um eine senkrechte Achse gedreht wird, welche man sich durch dieses Köpfchen gelegt denkt. Das nach vorn transportierte Köpfchen geht um die senkrechte Achse des stehenbleibenden Köpfchens in einem Kreisbogen herum. Die Unterkieferzähne reiben wie Mühlsteine über die Oberkieferzähne,

alternierend bald von rechts nach links, bald von links nach rechts. Jedem, der das Wiederkäuen einer Kuh gesehen hat, ist der Vorgang sattsam bekannt. Wir nennen dieses Extrem: Wiederkäuertypus. Das menschliche Kiefergelenk hat vom extremen Raubtier-, Nager- und Wiederkäuertypus etwas; es ist ein vielseitiger Apparat, ein Universalinstrument, während die anderen Typen Spezialinstrumente für die Bewältigung einer ganz bestimmten Art von Nahrung sind. Wie die Bauart unserer Zähne weist auch die Mechanik unseres Kiefergelenkes auf eine omnivore Lebensweise des Menschen hin. Weder die theoretische Forderung extremer Fleisch- noch Fruchtkost findet im Bau unseres Kauapparates eine Stütze. Eine möglichst vielseitige Kost ist danach naturgemäß.

Analyse des Drehgleitens

Genaue Messungen haben ergeben, daß die Achse A (schwarz, Abb. 373b), welche oben zur vorläufigen Orientierung angenommen wurde, nicht der genaue Drehpunkt für den Kiefer ist. In Wirklichkeit ist der Vorgang viel komplizierter. Man kann sich das Kiefergelenk im ganzen als Kugelgelenk, etwa wie das Schultergelenk, vorstellen. Überkreuzt man beide Arme und vereinigt sie so zu einem starren Bügel, so hat man ein lebendes Modell für den Unterkiefer. Den Transport der Kugelgelenke besorgen in unserem lebenden Modell die Schulterblätter, welche ähnlich wie die Kieferköpfchen verschieblich sind. Man nennt eine solche Bewegung Drehgleiten. Wie der Name sagt, gleitet der Kopf wie auf einer Fläche vorwärts, und gleichzeitig dreht sich der Unterkiefer um ihn. Ist die Gleitbahn zu Ende, so findet nur noch Rotation um A′ statt (rote Stellungen, maximale Öffnung). Im Kniegelenk liegen die Dinge ähnlich (Abb. 286). Eine feste Achse ist unterhalb des Kieferköpfchens nicht konstruierbar, sondern jeder Punkt des Kiefers verändert von Stufe zu Stufe der Bewegungsfolge seine Lage im Raum. Man sieht aus den naturgetreuen Rekonstruktionen der Abb. 373b, daß beim Drehgleiten wirklich der Abstand des Kiefers vom Warzenfortsatz im ganzen unverändert bleibt. Nur bei maximaler Öffnung des Kiefers nähert er sich dem letzteren und engt die Fossa retromandibularis im ganzen ein. Diese Stellung wird nur selten und kurz eingenommen. Auch schwankt das Maß der Kieferöffnung individuell sehr stark (höchster Abstand der Schneiden der oberen und unteren Schneidezähne 3,2—6,2 cm, Durchschnitt 4,4 cm). Für den Menschen ist besonders wichtig, daß die Fossa retromandibularis durch Drehgleiten nicht wesentlich eingeengt wird, weil die Stellung der Wirbelsäule von hinten her den Raum hinter dem Unterkiefer stark beschränkt. Beim Vierfüßler ist die Wirbelsäule viel weniger im Wege (Abb. 80).

Die Messungen über die Richtung, in welcher die Zähne beim Kieferschluß aufeinander zugeführt werden, haben ergeben, daß sie beim Drehgleiten gradlinig aufeinander losgehen und deshalb die Vollkraft der Schließmuskeln ausnutzen. Bei einem reinen Ginglymus ist dagegen die Richtung der Zähne gegeneinander schräg und deshalb mit Verlust an lebendiger Kraft verknüpft. Auch ist sehr wichtig für den ganzen Bewegungsvorgang, daß durch die Konfiguration des Knochens Raum für die Bissen im Munde gewonnen ist (S. 681). Möglicherweise sind das Vorteile, die als Nebenprodukte des ursprünglich zur Schonung der retromandibulären Weichteile notwendig gewordenen Drehgleitens entstanden und jetzt die Hauptsache geworden sind. Denn der Mensch kann mit relativ schwachen Zähnen eine vielfältige Nahrung bewältigen, weil die Zähne durch die Richtung, in welcher sie wirken, wenig beansprucht werden. Unser Gebiß nähert sich mehr einer Minimummaximum-Konstruktion als das Raubtiergebiß und andere. Über die Beziehungen der phylogenetischen Anlage des Kiefergelenkes hierzu siehe unten.

Führung durch den M. pterygoid. ext.

Ehe wir zur Gestalt des Gelenkes und seiner Teile übergehen, müssen wir noch die besondere Stellung des M. pterygoideus externus feststellen. Seine Synergisten sind der M. digastricus, mylohyoideus und geniohyoideus. Wären diese Mundbodenmuskeln allein imstande, den Kiefer in der Richtung des unteren schwarzen Pfeiles der Abb. 373b nach hinten zu ziehen und zugleich das Kieferköpfchen nach vorn zu bewegen, dann wäre sein Vorgleiten im Kiefergelenk passiv durch Bandführung reguliert. Man kann aber nicht, wenn bei der Leiche sämtliche Muskeln außer dem Mundboden weggeschnitten sind, das Köpfchen durch Zug an den genannten Muskeln zum Vorgleiten bringen. Dazu ist ein Zug am Pterygoideus externus notwendig. Danach ergibt sich als Hauptaufgabe für uns, eine Analyse der Gelenkflächen des Kiefergelenkes,

weil sie die Führungsflächen sind, und ferner der Beziehung des Pterygoideus externus zu den Teilen des Gelenkes, weil ohne ihn eine lebensähnliche Führung unmöglich ist.

Wir unterscheiden folgende sechs Bestandteile des Kiefergelenkes: 1. das Kieferköpfchen, 2. die Gelenkgrube, 3. den Gelenkhöcker, 4. die Zwischenscheibe, 5. die Kapsel und die Gelenkkammern, 6. die Verstärkungsbänder der Kapsel.

Kieferköpfchen

Das Kieferköpfchen, Capitulum mandibulae, eine fast frontal, ein wenig schrägstehende Walze, ladet im wesentlichen nach innen vom Unterkieferast aus (Abb. 371). Sie ist durch einen Knorpelüberzug geglättet, der nach vorn aus echtem Faserknorpel (mit Knorpelzellen), nach hinten aus straffem Bindegewebe (ohne Knorpelzellen) besteht. Der Hals des Gelenkfortsatzes, welcher das Köpfchen trägt, ist ein wenig nach vorn gebogen. Die beiden Kieferwalzen sind mit dem vorderen streifenförmigen Überzug von echtem Knorpel gegen das Tuberculum articulare des Schläfenbeines gewendet. Wird das Kinn vor- und rückwärts bewegt und dabei nicht gesenkt, so gleiten die beiden Kieferwalzen in entsprechender Richtung, ohne sich zu drehen. Drehgleiten tritt ein, sowie mit der Schlittenbewegung Öffnen oder Schließen des Kiefers verbunden ist. Wird eine Mahlbewegung ausgeführt, so rotiert das Kieferköpfchen, welches an seinem Ort verbleibt, um eine senkrechte Achse. Die Kieferwalze stellt sich dann schräger als in der Ausgangsstellung. Auf der anderen Seite gleitet sie nach vorn, ohne sich in dem Maß um die senkrechte Achse zu drehen wie die am Ort verbleibende Walze.

Gelenkgrube

Die Gelenkgrube, Fossa mandibularis (Abb. 340, 367), ist zwei- bis dreimal größer als das Kieferköpfchen. Dieser Raum ist für die Rotation der Kieferwalze um die senkrechte Achse nötig, da dabei die größte Länge der am Ort verbleibenden Walze in verschiedene schräge Richtungen zu stehen kommt. Allerdings liegt die Walze dem Boden der Grube nicht unmittelbar auf, sondern ist durch eine Zwischenscheibe von ihr geschieden (Abb. 369). Die größte Länge der ovalen Grube entspricht der leicht schrägen Stellung der Kieferwalze; die Längsachsen beider Gelenkgruben schneiden sich, hinreichend verlängert, am vorderen Rand des Hinterhauptloches (Abb. 335, nicht bezeichnet).

Die große Fossa mandibularis zerfällt in einen intra- und extrakapsulären Abschnitt. Der erstere ist der mit Faserknorpel überzogene vordere Teil der Gelenkgrube, die eigentliche Facies articularis für das Kieferköpfchen. Die Grenze zwischen beiden Abschnitten am Knochen bildet die Glasersche Spalte (Fissura petrotympanica, Abb. 340, 344); sie liegt immer außerhalb der Kapsel, weil durch sie Nerven und Gefäße passieren, welche mit dem Gelenk nichts zu tun haben, z. B. die Chorda tympani (VII). Die Kapsel gibt so viel Spielraum, daß das Kieferköpfchen bei der Mahlbewegung auf der Zwischenscheibe in den extrakapsulären Abschnitt hineinrutschen kann.

Häufig springt das Pfannendach auf der Innenfläche der Schädelbasis gegen das Gehirn zu vor, Eminentia mandibularis (S. 706). Fehlt die Vorwölbung, so kann die Pfanne, obgleich sie nicht sehr tief ist, einen durchscheinenden Boden haben. Wie durchlässig die dünne Knochenlamelle sein kann, beweisen gelegentliche eiterige Prozesse des Kiefergelenkes, welche gegen die Hirnhäute vordringen und diese infizieren. Auch der extrakapsuläre Teil der Grube kann Infektionen fortleiten, und zwar vom Kiefergelenk zum äußeren Gehörgang oder umgekehrt, besonders bei dem typischen Defekt des Tympanikum im Kindesalter (Abb. 346). Ein Stoß auf das Kinn z. B. beim Hinstürzen ist unter Umständen imstande, das Kieferköpfchen durch das dünne Pfannendach in die mittlere Schläfengrube oder durch das vordere Blatt des Tympanikum in den äußeren Gehörgang hineinzutreiben, je nach der Richtung des Stoßes und seiner Fortleitung durch den Kieferast.

Der Gelenkhöcker, Tuberculum articulare, ist die Fortsetzung des vorderen Teiles der Gelenkgrube des Schläfenbeines (Abb. 344). Eine scharfe Grenze fehlt, auch der faserknorplige Belag der Facies articularis geht ohne Unterbrechung auf den Gelenkhöcker weiter. Der Höcker hat die Form einer querstehenden Garnrolle, die überknorpelte Fläche ist in sagittaler Richtung konvex und in transversaler Richtung leicht konkav. Die Kieferwalze gleitet daher, wenn sie nach vorn bewegt wird, auf eine Stelle des Schädels, welche ihrer Form nach denkbar ungünstig für sie ist; denn es stehen zwei Knochenknäufe gegeneinander gekehrt. Ein Abrutschen wird aber durch eine dazwischen geschobene Knorpelscheibe, den Diskus, verhindert, ähnlich wie im Kniegelenk die nicht korrespondierenden Flächen durch die eingeschobenen Menisci abgestützt sind. Dieser Komplikation muß ein entscheidender biologischer Vorteil gegenüberstehen. Der Gelenkhöcker ist zu solcher Höhe nur beim Menschen ausgewachsen. Das hängt mit der ganzen Form des Unterkiefers und der Rückbildung des hintersten Backzahnes zusammen. Es besteht nämlich eine Beziehung der schrägen Fläche, mit welcher der Höcker gegen die Gelenkgrube abfällt, zu der gebogenen Fläche, in welcher die Zahnreihen aufeinanderstoßen. Man kann durch beide eine Kreislinie ziehen (KK, Abb. 373a). Der Mittelpunkt des Kreises liegt in der Mitte der Augenhöhle. Schiebt man das Kinn vor und zurück, ohne es zu senken, so hat der Kiefer eine doppelte Führung, einmal an der schrägen Gleitfläche, welche von der Gelenkgrube auf den Gelenkhöcker führt, und ferner an den Kauflächen und Schneiden der beiden Zahnreihen. Da das Kieferköpfchen auf der schrägen Ebene des Höckers abwärts gleitet, so wird die Verhakung der Backzahnhöckerchen gelöst, und die Schneidezähne des Unterkiefers, über welche beim normalen Gebiß die Schneiden der Oberkieferzähne herübergreifen, können auf diese Weise um die letzteren herum nach vorn zu gelangen (beim Überbiß, Bd. II).

Gelenkhöcker des Schläfenbeines

Der Gelenkhöcker des Schläfenbeines spielt außerdem eine besondere Rolle bei der Mahlbewegung. Dadurch, daß ein Kieferköpfchen in der Pfanne bleibt und das andere nach vorn, also auf den Gelenkhöcker, gleitet, weicht nicht nur das Kinn nach der Seite des stehenbleibenden Köpfchens aus der Medianebene heraus, sondern es stellt sich auch die Ebene der Kauflächen der Zähne schräg. Die Seite, deren Kieferköpfchen auf den Schläfenbeinhöcker gerückt ist, steht tiefer als die Gegenseite, bei welcher das Köpfchen im Grunde der Pfanne stehen bleibt (Abb. 372). Bei den Mahlbewegungen arbeitet immer nur eine Seite des Gebisses, die andere klafft und kann jedenfalls den Bissen nicht zu Ende kauen. Das Alternieren von Arbeit und Feiern auf jeder Gebißseite ist die natürliche Art des Kauens, welche leider oft durch Zahndefekte oder schlechte Angewohnheit verhindert wird (meist als Folge schmerzhafter kariöser Zähne). Sie hat den weiteren Vorteil, daß auf der Ruheseite zwischen den klaffenden Zahnkronen automatisch Raum zum Einschieben neuen Mundhöhleninhaltes geschaffen wird. So geht beim üblichen Kauen das Mahlgeschäft mit ganz geringen Ausschlägen des Kiefers weiter. Die Schläfenbeinhöcker dienen also nicht wenig den sicheren und sparsamen Arbeitsbewegungen unseres Kiefers. Die Ersatzstücke, welche die Zahnheilkunde für Kieferverletzte eingeführt hat (Artikulatoren), tragen dem in sehr weitgehender Weise Rechnung. Bei einem brauchbaren künstlichen Gebiß muß das typische Klaffen der Zähne auf der Ruheseite möglich sein.

Die Zwischenscheibe, Discus articularis, vermittelt das Gleiten des Kieferköpfchens auf den Schläfenbeinhöcker und ermöglicht sein Verharren auf letzterem. Dieser Faserknorpel, der arm an Knorpelzellen ist, teilt das Gelenk in zwei getrennte Stockwerke (Abb. 374, 369, 373b). Öffnet man das Kiefergelenk mit dem Messer, so dringt man gewöhnlich in das obere Stockwerk zwischen Knorpelscheibe und Schläfenbein ein und hält dann leicht irrtümlich die Scheibe für das eigentliche Kieferköpfchen. Denn sie umfaßt das letztere mit ihrer unteren Konkavität und ist für dasselbe die eigentliche Pfanne. Das Besondere ist, daß der Zwischenknorpel auch Pfanne für das Köpfchen bleibt, wenn es nach vorn auf den Schläfenbeinhöcker gleitet (Abb. 374b).

Zwischenscheibe



So wird die Inkongruenz der beiden Knochenknäufe, welche in dieser Stellung ihre Konvexität gegeneinander wenden, durch die Zwischenscheibe ausgeglichen, dem Kieferköpfchen eine Stütze gegeben und an sich ein Drehen nach allen Seiten wie in einem Kugelgelenk ermöglicht. Die Vielseitigkeit der Bewegung ist nur dadurch eingeschränkt, daß stets beide Kiefergelenke gemeinsam tätig sein müssen. Steht das Kieferköpfchen in der Gelenkgrube, so liegt es nicht unmittelbar der Gelenkfläche des Schläfenbeines an, sondern an letztere schmiegt sich die Zwischenscheibe mit einer nach oben gewendeten Konvexität ihres Hinterrandes an (Abb. 374a). Die dünne Stelle des Pfannenbodens wird dadurch ausgepolstert und — seltene Verletzungen abgerechnet — vor einer Zertrümmerung durch das Kieferköpfchen behütet.

Der eigentliche Motor für die Bewegung nach vorn ist der M. pterygoideus externus. Seine obere Portion inseriert am Zwischenknorpel (Abb. 369). Die Sehne strahlt förmlich in das Gefüge desselben ein. Die untere Portion ist am Unterkieferköpfchen selbst befestigt. Kontrahiert sich der Muskel, so zieht zuerst die obere Portion die Zwischenscheibe auf die schräge Gleitfläche und auf den Schläfenbeinhöcker. Das Kieferköpfchen folgt, wie etwa der Kopf eines Kranken durch Verrutschen des Kopfkissens mitgeschleppt wird; außerdem ist die Zwischenscheibe mit einem besonders straffen Teil der Kapsel am Kieferköpfchen befestigt und kann damit den Kiefer wie mit einem Band mitziehen, falls er zurückbleiben sollte. Ist auf diese Weise die schiefe Ebene überwunden, so greift der untere Teil des Muskels ein und zieht den Unterkiefer vollends nach vorn. Sind gleichzeitig die Schließer des Kiefers in Tätigkeit (Temporalis, Masseter, Pterygoideus internus), so wird nur das Kinn vorgeschoben und der Kieferschluß beibehalten. Erschlaffen diese Muskeln, so kann die Schwere des Kiefers zusammen mit der Kontraktion der Mundbodenmuskeln das Kinn senken. Nur bei maximaler Öffnung dreht sich der Kiefer um sein Köpfchen (bei A′ in Abb. 373b), da er normalerweise nicht weiter nach vorn gleiten kann. In diesem Fall sind lediglich die Mundbodenmuskeln in fortschreitender Kontraktion begriffen; der Pterygoideus ext. hat dafür zu sorgen, daß das Kieferköpfchen nicht nach hinten zurückrutscht. Die Unentbehrlichkeit dieses Muskels für die Öffnungsbewegung geht aus dem Gesagten deutlich hervor.

Diskus *Tuberculum articulare*

Capitulum mandibulae

a b 1/1

Abb. 374. Discus articularis des Kiefergelenkes, Flachschnitt durch Gelenk und Knochen. a) Bei geschlossenem, b) bei geöffnetem Kiefer. Die Pfeile entsprechen der Zugrichtung des M. pteryg. externus. In Stellung b kann der Diskus um das Kapitulum schalenförmig herumgebogen sein.

Die Schwere des Kiefers ist beim Lebenden allein nicht imstande, die Öffnung zu bewerkstelligen, wie es bei der Leiche tatsächlich geschieht. Im Gesang- und Sprechunterricht wird z. B. vielfach geübt, den Kiefer „fallen zu lassen", weil dabei mit wenig Arbeit starke Töne zu erzielen seien. Das Resultat ist unbestreitbar. Die Methode besteht aber in Wirklichkeit in einer Dressur des Pterygoideus externus zu leichter und präziser Tätigkeit.

Gelenkkapsel und -kammern Die Gelenkkapsel, Capsula articularis, ist ein ziemlich schlaffer Sack, welcher oben mit breitem Umfang die Gelenkfläche bis zur GLASERschen Spalte und den Schläfenbeinhöcker umfaßt und sich trichterförmig nach unten gegen das Kieferköpfchen hin verengt. Sie reicht hinten am Kieferköpfchen besonders tief herab. Die innersten Fasern setzen sich rundum am Rand der Zwischenscheibe an. Die Gelenkhöhle wird dadurch in die beiden oben erwähnten Stockwerke zerlegt. Jedes ist von seiner besonderen Intima ausgekleidet. Die Kapsel ist so schlaff, daß gelegentlich die beiden Kieferköpfe über

die Schläfenbeinhöcker hinaus nach vorn rutschen können, ohne daß die Kapsel reißt, z. B. bei übermäßigem Öffnen des Mundes des Patienten während der Arbeit des Zahnarztes, bei lautem Kommandieren, Singen, Gähnen u. a. Der Kiefer kann nicht mehr zurück, weil der Masseter und Pterygoideus internus so verlagert sind, daß sie nicht mehr im Gelenk schließen, sondern öffnen, also das Übel nur vergrößern: Maulsperre.

Der Kunstgriff, die Zähne des Unterkiefers herunterzudrücken und damit das Kieferköpfchen über den Schläfenbeinhöcker zurückzuhebeln, genügt, um die Maulsperre zu beseitigen. Nur muß der Arzt seine Finger vor dem plötzlichen Zuschnappen des Kiefers des Patienten schützen. Bei normalem Mechanismus halten die antagonistischen Fasern des Pterygoideus externus und Temporalis (hinterer horizontaler Teil) den Kieferkopf wie mit Zügeln zwischen sich, so daß er weder zu viel nach vorn noch nach hinten ausweichen kann (Abb. 373 b, roter und schwarzer Pfeil am Gelenk). Das lockere Bindegewebe in der extrakapsulären Partie der Gelenkgrube wird je nach der Stellung des Kieferköpfchens gedehnt oder zusammengepreßt. Zahlreiche Venenplexus in der Nähe des Kiefergelenkes dienen ebenfalls dazu, den Raum zu füllen oder freizugeben. Nicht am wenigsten sind die Fettkörper zu dem gleichen Zweck bestimmt (siehe voriges Kapitel). Die Verletzungen des äußeren Gehörganges durch abnorme Bewegungen nach hinten sind oben erwähnt.

Die Verstärkungsbänder der Kapsel sind verhältnismäßig schwach. Das Kiefergelenk gehört zu dem muskulären Gelenktypus wie das Schultergelenk, bei welchem lediglich durch Gelenkflächen und Muskelzüge geführt und gebremst wird. Solche Gelenke sind zwar sehr frei in ihren Bewegungen, können aber „überrumpelt" werden, sobald durch Unaufmerksamkeit und Trägheit die Innervationsbereitschaft der Muskeln versagt. Verrenkungen sind im Schultergelenk wie im Kiefergelenk ohne Kapselzerreißung möglich. Die Bänder des Kiefergelenkes geben die Muskeln frei und ermöglichen dadurch erst die Mahlbewegung beim Kauen. Sie hemmen nur Bewegungen, welche weit über das normale Maß hinausgehen und schützen benachbarte Teile vor Zertrümmerung durch das Kieferköpfchen. Auch sind sie bei weit geöffnetem Mund so gespannt, daß Mahlbewegungen, die ohnehin in dieser Stellung des Kiefers für den Kauakt zwecklos wären, nicht möglich sind. Verstärkungsbänder

Das Ligamentum temporomandibulare (Abb. 373a) zieht schräg von der Jochbrücke aus nach hinten und inseriert am Hals des Kieferköpfchens. Vorn ist zwischen Band und Kapsel eine Nische; hinten ist der verjüngte Teil des Bandes fest in die Kapsel eingelassen. Das stumpf kegelförmige Band liegt in der Richtung, welche für den Gehörgang am gefährlichsten ist, und hemmt abnorm starke Verschiebungen des Kieferköpfchens gegen diesen. Bei der Mahlbewegung hemmt das Band auf Seite des in loco verbleibenden Kieferköpfchens übermäßige Exkursionen desselben. Extremen Graden der Öffnung des Kiefers leistet es ebenfalls Widerstand.

Wie dieses Band die Kapselwand lateral sichert, so wird sie oft medial von Zügen ohne besonderen Namen verstärkt. Man kann deshalb die beiden Bänder auch mit den beiden Ligamenta collateralia des Knie- oder Ellenbogengelenkes vergleichen. Das mediale Band ist individuell viel variabler als das laterale, oft auf weniger starke Fasern beschränkt und immer ganz in die Kapsel eingewebt.

Innen vom Kiefergelenk verlaufen zwei Bandstreifen frei von der Kapsel, das Ligamentum sphenomandibulare und L. stylomandibulare (Abb. 371). Das erstere läßt sich aus der bindegewebigen Füllmasse zwischen den beiden Flügelmuskeln mit einiger Willkür herauspräparieren, das letztere besteht aus verstärkten Zügen der Fascia parotideomasseterica, welche künstlich herausgelöst werden können und speziell zwischen dem Lig. stylohyoideum und der Faszie des M. pteryg. internus ausgespannt sind (S. 761). Die Befestigungen beider „Bänder" werden genügend durch die Namen erläutert. Sie sind mit den medialen Zügen der Kapselwand zusammengerechnet ein

Schutzapparat, welcher etwa dem einheitlichen Lig. temporomandibulare die Wage halten dürfte.

Die Raphe pterygomandibularis am Ursprung des M. buccinator (Abb. 369) ist gespannt, wenn der Mund weit geöffnet ist, wie man von der Mundhöhle aus fühlen kann. Diese Ursprungssehne für den genannten Muskel und die angrenzende Rachenmuskulatur hemmt also auch extreme Öffnungen. Außerdem gibt es bei dem starken Kauapparat vieler Tiere innerhalb und außerhalb der Gelenkkapsel noch besondere Knochenvorsprünge als Prellböcke gegen zu starke Verschiebungen des Kieferköpfchens. Die Schädelfunde diluvialer Menschen haben davon deutliche Anzeichen, welche der Mächtigkeit des Unterkiefers entsprechen (Abb. 358). Beim rezenten Schädel sind die Knochenvorsprünge durch den neu entstandenen Schläfenbeinhöcker einnivelliert oder sogar überhöht. Bei ihm genügen die genannten Bänder für die äußersten Hemmungen.

III. Der mimische Apparat.

1. Allgemeines.

Pantomimik und Mimik

Die Muskeln unseres Gesichtes sind an verschiedenen physischen Funktionen beteiligt. Manche nehmen an der Nahrungsaufnahme und an dem Kauakt teil, manche erleichtern oder verhindern den Zutritt von Reizen zum Schmeck-, Riech- und Sehorgan. Bei manchen Menschen kann auch die behaarte Kopfhaut oder die Ohrmuschel durch sie bewegt werden. Immer sind das Wirkungen auf Weichteile. Nur ein Ende der Muskulatur ist am knöchernen Skelett befestigt, das andere inseriert an der äußeren Haut, der Schleimhaut oder an Faszien und Knorpeln, welche mit den erstgenannten verbunden und mit ihnen beweglich sind. Wegen der geringen Leistung im mechanischen Sinn, welche dazu erforderlich ist, sind diese Muskeln ungleich viel dünner und schmächtiger als die eigentlichen Kaumuskeln oder irgendwelche andere Körpermuskeln, deren beide Enden Knochenstücke gegeneinander bewegen. Sie unterscheiden sich außerdem von den anderen Skelettmuskeln durch den Mangel einer Faszie. Das dünne oberflächliche Perimysium genügt, die zarten Fasern und Bündel zu halten und zu führen. Es hängt unmittelbar mit dem subkutanen Bindegewebe zusammen. Nur auf der hinteren Partie des M. buccinator (Tab. Nr. 16) gibt es eine Faszie, F. buccopharyngea (Abb. 365), welche Gefäße, Nerven und Drüsen einhüllt. Sie ist die einzige Ausnahme.

Die Situation rings um die Pforten der Sinnesorgane und die spielerische Leichtigkeit dieses Muskelapparates war der Grund, daß er mehr als andere Körpermuskeln zum psychischen Ausdrucksmittel, zum Verständigungsmittel ähnlich der Sprache wurde. Wir dürfen nicht vergessen, daß wir alle Bewegungsapparate in den Dienst individueller Ausdrucksmöglichkeiten stellen können. Jeder Mensch sagt uns durch die Art seiner Körperhaltung, seiner Bewegungen etwas über seine Persönlichkeit. Bestimmte Körperbewegungen, besonders das Gestikulieren lebhafter Rassen, das Kopfschütteln, Nicken heben sich besonders heraus; wir nennen sie pantomimische Bewegungen. Die Bewegung der Antlitzmuskeln, die Mimik, ist davon eine besondere Gruppe, eine höchste Steigerung. Sie modelt die individuellen Gesichtszüge auch dann, wenn das Gesicht nicht bewegt ist. Denn die Falten, welche durch die Mimik erzeugt werden, werden nach und nach stationär. Wie sonst die Muskulatur Knochenvorsprünge und -furchen hervorzaubert, so hier Hautpolster und -grübchen. Bei Geisteskranken, welche andauernd an Gesichts- und Gehörshalluzinationen leiden, bilden sich konstante charakteristische Züge um Augen und Ohren, daß man ihr Leiden danach diagnostizieren kann. Das Gesamtbild der für das ruhende Antlitz charakteristischen Merkmale nennen wir Physiognomie. Die kausale Beurteilung der Physiognomie, die Physiognomik, ist aus der Mimik abzuleiten.

Doch ist wie beim Knochen nur das feinere Relief der Gesichtshaut individuell erworben. Alle gröberen Züge sind vererbt angelegt, wie durch die frappante Ähnlichkeit eineiiger Zwillinge bewiesen ist. Die familiären Züge können freilich später durch Gebrauch oder Nichtgebrauch erheblich verstärkt oder abgeschwächt werden.

Mittel der Mimik und ihre Analyse

Aus den außerordentlich mannigfaltigen Aufgaben der Gesichtsmuskeln hebt sich die psychische Tätigkeit als Ausdrucksmittel besonders hervor. Wir nennen sie deshalb mimische Muskeln. Sie sind beim Menschen am höchsten differenziert und auch bei dem uns eigenen, höchsten Mittel der Verständigung, dem Sprechen, beteiligt. Ihre Entfaltung ist ein unmittelbares Zeichen der geistigen Entwicklung des Individuums. Sie enthält ganz anders wichtige Rassenmerkmale für außerkörperliche Faktoren, als sie etwa die üblichen anthropologischen Messungen ergeben (Lang-, Rundschädel u. dgl.); doch ist davon für die wirkliche Gliederung der uns zunächst stehenden Rassen noch kaum Gebrauch gemacht worden.

Es handelt sich für uns darum, die einzelnen Muskeln kennen zu lernen und ihre mechanische Bedeutung für die bewegten Teile des Antlitzes (Haut, Faszien, Knorpel) festzustellen. Als sekundäre mechanische Mittel für die Form des Gesichtes in Ruhe und Bewegung kommen die Dicke der Haut, gewisse Bindegewebsstrukturen und Fettpolster in Betracht, welche wie bei den übrigen Bewegungsapparaten dazu dienen, den Bewegungen standzuhalten oder auszuweichen, Widerstand zu leisten oder Platz zu schaffen. Um festzustellen, wie der Muskel auf das Gesicht wirkt, genügt es nicht, Lage, Ursprung und Ansatz bei der Leiche zu kennen, sondern am Lebenden muß ermittelt werden, was der Muskel tatsächlich leistet. Die Muskeln können einzeln mit der Elektrode bei schwachen Strömen gereizt werden (DUCHENNEsche Methode); doch muß die Haut der Versuchsperson genügend unempfindlich sein, damit nicht schmerzhafte Grimassen ausgelöst werden, welche das reine Bewegungsbild des betreffenden Muskels überdecken und stören. Das Individuum setzt selbst die Muskeln durch die Innervation in Tätigkeit und wählt dadurch unter den mechanischen Mitteln, welche ihm in seinen Antlitzmuskeln potentiell zur Verfügung stehen, frei aus. Sind schon die mimischen Muskeln an sich individuell außerordentlich wechselnd ausgebildet, so ist noch variabler der Gebrauch, welchen das Gehirn mittels der Nerven von ihnen macht. Das grinsende Lachen des Negers und das Europäerlachen sind grundverschieden: aber die Muskulaturen weichen nicht dementsprechend voneinander ab, so daß der Unterschied auf Verschiedenheiten der Innervationsschemata der verschiedenen Völker beruhen muß. Ähnliches gilt für die zahlreichen Asymmetrien beider Gesichtshälften, welche die Ausdrucksbewegungen der linken Seite viel ärmlicher als rechts ausstatten; Asymmetrien der Muskeln selbst sind zwar vorhanden, aber nicht annähernd so groß. Leider fehlen zur Zeit Beobachtungen des gleichen Muskelapparates im Leben und im Tode, weil zu viele soziale und kulturelle Hindernisse im Wege stehen. Nimmt man alles zusammen, was außer an der Leiche in dem Wechsel der verschiedensten Gesichter Lebender zu beobachten ist und namentlich was bei den als „menschliche Automaten“ bezeichneten Geisteskranken für bestimmte Ausdrucksformen dauernd fixiert vorliegt, so ist es doch möglich, eine genaue biologische Vorstellung von den einzelnen Gesichtsmuskeln und ihrer Bedeutung als Mittel für das Mienenspiel zu erhalten. Davon wird dieses Kapitel handeln. Im allgemeinen Teil über den Kopf im ganzen wird auf die viel problematischere Frage zurückzukommen sein, warum gerade diese oder jene Muskeln für eine bestimmte Ausdrucksform (Lachen, Weinen usw.) herangezogen werden; dort wird erst die Frage nach den Ursachen der Mimik zu stellen sein.

Einteilung der mimischen Muskeln

Wir teilen die mimischen Muskeln ein nach den Beziehungen zu den Öffnungen, die sie umrahmen. Die Muskeln der Mundspalte und Nasenöffnung

(Gruppe A, Tab. S. 742, Nr. 10—19) sind weitaus am zahlreichsten; die Muskeln der Lidspalte sind zwar geringer an Zahl, aber sehr gut ausgebildet (Gruppe B. Nr. 20—23); mehr oder weniger rudimentär sind die Muskeln der Ohröffnung und des Hinterkopfes (Gruppe C, Nr. 24—28).

Historisches und Funktionelles

Die Entstehung der mimischen Muskeln geht auf zwei Schichten zurück. welche beide von der Muskulatur des II. Viszeralbogens abstammen (Fazialismuskulatur S. 748). Am Hals ist von den beiden Schichten gewöhnlich nur die oberflächliche als Platysma erhalten. Von diesem erstrecken sich Züge in das Gesicht hinein und bilden einen großen Teil der mimischen Muskeln, welche beim menschlichen Embryo stets, aber auch beim Erwachsenen noch zum Teil mit dem Platysma zusammenhängen, zum Teil selbständig geworden sind. Sie sind in Abb. 375 mit roter Farbe angegeben (folgende Nummern der Tabelle: 10, 11, 18, 19 mit Ausnahme des Caput infraorbitale, 20—28). Die tiefe Schicht wird als Sphincter colli profundus bezeichnet. Sie ist am Hals des Erwachsenen nur ausnahmsweise in Resten zu finden. Im Gesicht dagegen gehören zu ihr zahlreiche Muskeln, welche zum Teil in ursprünglicher Weise von den Abkömmlingen des Platysma bedeckt sind, zum Teil aber durch Lücken der oberflächlichen Schicht durchscheinen oder durchgewandert und sogar ganz an die Oberfläche geraten sind. In Abb. 375 sind die Abkömmlinge des Sphincter colli im Gesicht grau dargestellt (folgende Nummern der Tabelle: 12—17 und das Caput infraorbitale von 19). Abb. 369 zeigt die tiefliegenden Individuen des Sphinktersystems ohne Bedeckung durch die oberflächlichen Muskeln; doch sind aus äußeren Gründen auch das Platysma und einzelne seiner Abkömmlinge eingetragen. Der Unterschied zwischen der oberflächlichen und tiefen Schicht ist der, daß wir bei der ersteren noch Muttersubstanz im Platysma erhalten haben, bei der letzteren gewöhnlich nur abgewanderte Abkömmlinge der eigentlichen Matrix finden (höchstens geringe Spuren der letzteren am Hals als Varietät, S. 749).

Bei niederen und höheren Affen sind verschiedene Stufen des Wanderungsprozesses der mimischen Muskeln festgehalten und noch heute kenntlich. Auch die individuelle Verschiebung des Anlagematerials beim menschlichen Embryo, welche zu Beginn des 2. Monats am 2. Viszeralbogen anhebt und von da aus den Kopf überflutet, geht den gleichen Etappengang. Danach dringt die tiefe Schicht (Sphincter colli) nur bis zum weiteren Umkreis der Mundspalte in die Höhe, weil sie am frühesten Anheftungen am Knochen gewinnt. Aus ihr entsteht der Ringmuskel in der Falte, welche den Mund umgibt: Sphincter oris. Die am weitesten apikal reichenden Züge der Tiefenschicht befestigen sich am unteren Rande der Augenhöhle. Die oberflächliche Schicht (Platysma) bleibt viel länger beweglich. Sie bedeckt nicht nur den Hals, sondern auch den Nacken. Zwei zu ihr gehörige Ströme dringen zum Kopf vor, der eine hinter dem Ohr, der andere vor dem Ohr. Der letztere, der eigentliche Gesichtsteil, sondert sich in Züge, welche durch die Öffnungen des Gesichtes voneinander getrennt werden. Sie formen, indem sie auf Nase und Mund zuwachsen, die Wand eines Vorraumes, welcher vor den Zähnen besteht: Vestibulum oris. Wir nennen diese Wand: Wange, Bucca. Man kann im einzelnen unterscheiden: 1. einen Strom, der vom Ohr zur Unterlippe zieht, 2. einen Strom vom Ohr zur Oberlippe, 3. einen Strom vom Ohr zur Stirn. Die in der Nähe der Ohrmuschel liegenden Teile dieser oberflächlichen Ströme und auch diejenigen der tieferen Schicht sind beim Menschen gewöhnlich versiegt und durch die Fascia parotideomasseterica ersetzt. Ausnahmsweise können noch Muskelfasern an dieser Stelle auftauchen. Um die Augenhöhle herum erheben Teile des Zuges zur Oberlippe die Haut zu Falten, Lider genannt, und formen in ihnen einen zusammenhängenden Kreismuskel: Sphincter oculi. Außerdem fassen die Züge an verschiedenen Punkten des Skeletts Posto. So zerfällt die Matrix, das Platysma, indem es am Kieferrand ansetzt, in einen Muskel am Halse, Platysma im engeren Sinn, und den M. quadratus labii inferioris, welcher vom Unterkiefer zur Unterlippe zieht (Tab. Nr. 10). Auch die oben genannten drei Züge des Gesichtes zerfallen durch Anheftungen am Skelett in einzelne Muskeln. Die Abstände der Individuen werden um so größer, je mehr Schädel und Gesicht an Größe und Oberfläche gewinnen. Das erleichtert die Verwerfungen der Muskelschichten, welche dazu führen, daß Abkömmlinge des tiefen Sphinktersystems oberflächlicher liegen können als solche des oberflächlichen Platysma. Im M. triangularis des Menschen hat diese Umkehr die höchste Stufe erreicht (Abb. 375).

Oft ist sehr schwer zu bestimmen, welche Lage ein Muskel ursprünglich einnahm. Stellenweise können sogar Fasern der oberflächlichen und tiefen Schicht identische Lage annehmen und sich so gegenseitig vertreten. Das wird uns beim M. risorius besonders beschäftigen (Tab. Nr. 13). Für die biologische Er-

fassung der menschlichen Antlitzmuskulatur tritt deshalb das historische Moment sehr zurück. Denn wenn hier Angehörige verschiedener Schichten und Züge das gleiche leisten, so kommt es mehr auf die momentanen Ansprüche der Funktion in den Hautfalten um Mund, Nase, Auge und Ohr an, als auf die Abstammung. Deshalb wird im folgenden die funktionelle Einteilung gemäß den genannten Spalten, den Zugängen zu den Sinnesorganen, zugrunde gelegt. Bei den einzelnen Muskeln ist aber immer ein Blick zu werfen auf die historische Entwicklung, weil zahlreiche Varianten der Gesichtsmuskulatur nur dadurch zu verstehen sind und weil es kaum schönere Beispiele für Muskelverschiebungen gibt als diejenigen der mimischen Muskeln.

2. Die mimischen Muskeln der Mundspalte und Nasenöffnung.
Tabelle Nr. 10—19.

Musculus quadratus labii inferioris. Er liegt unmittelbar auf dem Unterkiefer; nach außen ist er größtenteils vom Triangularis bedeckt (Tab. Nr. 12). Ein großer Teil der Fasern ist eine unmittelbare Fortsetzung der Platysmafasern (Abb. 369). Daran ist der genetische Zusammenhang beider M. quadr. lab. inf. (Tab. S. 742, Nr. 10), Abb. 99, **369**, 370, **375**, 393

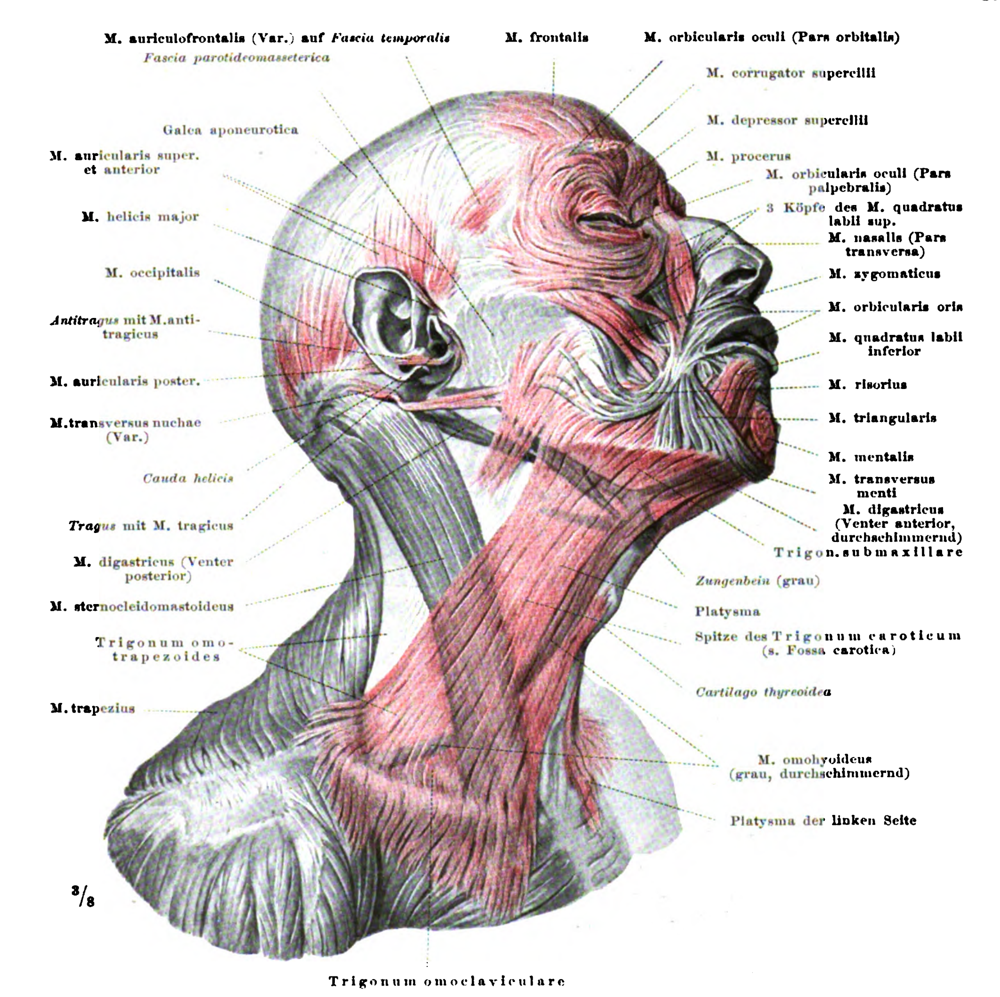


Abb. 375. **Oberflächliche Muskeln des Kopfes.** Das Platysma und seine Abkömmlinge rot, alle anderen Muskeln grau (am Gesicht speziell die Abkömmlinge des M. sphincter colli). Am Hals die Grenzen der Halsdreiecke durch das Platysma durchscheinend (schematisch betont).

noch zu erkennen. Da wo der Triangularis sich zwischen die Fasern des Quadratus einschiebt, um Anheftungen am Unterkieferrand zu gewinnen, haben viele Fasern des Quadratus gleichfalls Posto am Knochen gefaßt (Abb. 370). Der Knochen ist wie eine Inskriptio in den Muskel eingeschaltet: die Fasern des Platysma entspringen an ihm und ebenfalls die Fasern des Quadratus. Hier ist die Grenze zwischen beiden Muskeln scharf. Sonst ist sie willkürlich; man nimmt aber auch für den einheitlichen Muskelstrom den Unterkieferrand als Scheide zwischen Platysma und Quadratus an. Die Richtung der Fasern bleibt unverändert. Sie steigen wie im Platysma schräg nach oben innen auf. Man sieht bei manchen Menschen äußerlich den Muskelbauch als flachen Schrägwulst in der Unterlippe. Diese Stelle der Haut wird bei Männern mit spärlichem Haarwuchs vom Bart freigelassen.

Für die Präparation ergibt sich die Schwierigkeit, daß die Fasern nicht nur am Rand der Lippe, sondern auch sukzessive in der Haut der ganzen Unterlippe inserieren und deshalb beim Abziehen der Haut durchschnitten werden müssen. Die Oberfläche des Muskels sieht deshalb am Präparat nie glatt, sondern wie zerhackt aus. Er bedeckt den Orbicularis oris der Unterlippe (Abb. 369) und ist durch diesen von der Schleimhaut der Lippe getrennt.

Der Muskel zieht die Unterlippe herab. Da er die äußere Haut, nicht die ihm fernerliegende Schleimhaut verkürzt, so wird das Lippenrot beim Herabziehen der Unterlippe etwas breiter. Er begünstigt auf diese Weise das Umstülpen der Unterlippe (siehe Orbicularis oris, Tab. Nr. 16).

Innervation: Zweige des R. mandibularis (VII); sie treten in die Unterfläche des Muskels vom lateralen Rande aus und nahe dem Ursprung ein. Blutzufuhr: A. labialis inferior und A. submentalis (aus A. maxill. ext.), A. mentalis (aus A. max. interna). Varietäten: Von dem Zuge, welcher ursprünglich das Ohr mit der Unterlippe verband (Auriculolabialis inferior), existieren beim Menschen gelegentlich noch Reste in der Gegend zwischen Ohrspeicheldrüse und Ohrmuschel: M. parotideoauricularis. Bei Primaten ist er im allgemeinen zurückgebildet, weil bei ihnen das Halsplatysma progressiv in die Wangengegend vorwächst (Pars aberrans). Siehe darüber beim Risorius (S. 778). Außerdem können Züge des Platysma zur Ohrmuschel gelangen: Ohrplatysma.

M. mentalis (Tab. S. 742, Nr. 11), Abb. **369**, 370, 376, 393

Musculus mentalis. Einer der kräftigsten mimischen Muskeln, welcher schmal an den Schneidezahnalveolen entspringt (Abb. 370) und fächerförmig in die Kinnhaut ausstrahlt. Der platte Muskelbauch liegt in einer sagittalen Ebene (Abb. 369). Man legt ihn mit dem Messer bloß, indem man am medialen Rand des Quadratus eindringt und von hier aus die Lateralfläche des Mentalis reinigt. Geht man geradenwegs auf den Muskel ein, so verliert sich das Messer gewöhnlich zwischen den oberen Fasern, welche senkrecht auf die Haut zulaufen. Die unteren Fasern steigen fast senkrecht abwärts. Beide Mentales vereinigen und durchkreuzen sich mit zahlreichen Fasern in der Mittellinie des Kinns (Abb. 393). Sie formen geradezu eine Muskelschlinge, welche vom Knochen zur Haut und zurück zum Knochen läuft. In sie ist ein Bindegewebs- und Fettpolster eingeschlossen, das auf der von der Muskelschlinge freigelassenen Protuberantia mentalis des Unterkiefers aufliegt und den Kinnwulst bilden hilft. Die Abgrenzung nach oben ist bei den meisten Menschen äußerlich durch eine Stauchungsfalte zwischen Kinn- und Lippenhaut, die Kinnlippenfurche, bestimmt.

Die beiden Mentales ziehen den Kinnwulst in die Höhe und platten ihn gleichzeitig ab (Abb. 376). Die Unterlippe wird dabei in die Höhe geschoben und, wenn gleichzeitig der Ringmuskel des Mundes kontrahiert ist, um diesen wie um eine quere Gardinenstange umgeklappt. Erfaßt die Bewegung die Unterlippe allein, so entsteht das „Schippchen“, das namentlich Kinder im Beginn des Weinens zu machen pflegen („Schnute“, „Flunsch“). Der Mentalis liefert dabei die nötige Haut, indem er sie vom Kinn her der Lippe zuführt.

Die Kinnlippenfurche wird nach oben verschoben und liegt im Knickpunkt der Profillinie. Sie ist bei dieser Bewegung besonders deutlich. Die einzelnen Muskelfäserchen der Mentales, welche in der Kinnhaut inserieren, erzeugen viele kleine Grübchen, die namentlich bei Kindern die ersten Zuckungen des Muskels verraten und den Beginn des Weinens einleiten können. Dabei wird die Farbe der Haut bei manchen Menschen fleckig, weil die Gefäße da, wo die Muskelfasern inserieren, komprimiert werden und weil die kleinen abgeklemmten Hautgebiete sich weiß gegen das Inkarnat der übrigen Haut abheben. Manche Menschen haben ein „Kinngrübchen", welches unpaar mitten auf dem Kinn auftritt und ebenfalls durch die beiden Mentales erzeugt wird.

Dabei scheint eine Verwachsung des von den Mentales umklammerten Bindegewebspolsters mit der Haut beteiligt zu sein, wenn die Muskeln nur wenig weit hinabreichen. Gewöhnlich ist dieses Polster überall gegen die Haut durch das Muskelfleisch abgegrenzt. Auch ein „gespaltenes Kinn" kommt vor; dabei liegen die kleinen Grübchen der beiden Mentales am weitesten lateral.

Innervation: Endzweige des R. mandibularis (VII). Blutzufuhr wie beim vorigen. Varietäten: Er ist ein Abkömmling des Platysma, kann aber eng mit dem Orbicularis oris, einem Abkömmling des tiefen Sphinktersystems, verfilzt sein und ist dann gegen letzteren nur künstlich abzugrenzen. Er kann auch auf die Unterkinngegend ausgedehnt sein. Mit dem Mentalis hängen Fasern zusammen, welche von dem gleichen Ursprung an den Alveolen zur gleichen Seite des Unterkiefers abwärts laufen und am Tuberculum mentale inserieren (Anomalus menti, Abb. 369, 370). Sie fehlen eigentlich nie, sind aber sehr wechselnd an Zahl und manchmal gegen den Mentalis selbständig. Sie sind funktionslose Reste, welche bei der Umorientierung der Platysmafasern zum Mentalis liegen geblieben sind.

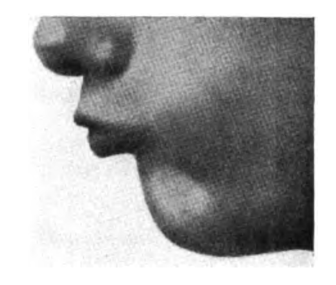


Abb. 376. Wirkung des M. mentalis, Photo von H. Virchow (Arch. anat. Phys. 1908).

Musculus triangularis. Der dreieckige Muskel ist mit seiner Basis am Unterkiefer zwischen die Befestigungen des Platysma und Quadratus labii inf. eingeschoben (Abb. 370). Der Knochen ist an dieser Stelle etwas vorgewulstet, nicht selten in Form eines besonderen lateralen Höckerchens, welches gegen das Kinndreieck selbständig sein kann oder mit ihm verschmilzt. Der Ursprung des Muskels reicht nach hinten bis in die Höhe des 1. Molarzahnes. Die verhältnismäßig groben Muskelbündel konvergieren nach oben (Abb. 375). Die Spitze des Muskels inseriert in einem Muskelknoten am äußeren Mundwinkel, in welchem verschiedene Muskeln strahlenförmig zusammenlaufen und ihre Fasern verflechten (Abb. 369). Viele Fasern gehen fleischig oder sehnig durch das Gewirr der Fasern im Knoten hindurch bis in die Oberlippe und inserieren dort an der Haut in der äußeren Hälfte der Lippe (Abb. 393). Andere treten in ähnlicher Weise in den Kaninus ein (Tab. Nr. 14).

M. triangularis (Tab. S. 742, Nr. 12), Abb. 99, 369, 370, 375, 377, 378, 398

Diese Zusammenhänge mit den tief liegenden mimischen Muskeln weisen auf die Vorgeschichte des Muskels hin: er ist vom Sphincter colli profundus entstanden und vom Kaninus aus, von dem er sich abgelöst hat, erst sekundär am Mundwinkel an die Oberfläche gelangt. Das, was wir Ursprung nennen, ist das Ende, welches sich progredient vorwärts schiebt. Seine Funktion geht gerade in umgekehrter Richtung, er wirkt von unten nach oben auf die Lippe (siehe unten). Für den Menschen ist charakteristisch, daß er breit am Kieferrand Fuß gefaßt hat. So weit ist der Muskel bei keinem Menschenaffen vorgedrungen. Beim Menschen können aberrierende Muskelfasern ausnahmsweise unter dem Quadratus l. inf. gegen den Kieferrand vordringen.

Spezifisch menschlich ist die Beziehung des Triangularis zur Haut des Kinns. Der untere Rand des Muskels ist nicht nur mit dem Kieferrand, sondern auch mit der Lederhaut fest verwachsen. Ziehen sich beide Dreiecksmuskeln

Doppelkinn, Unterkinnfurche



zusammen, so spannen sie die Haut und erzeugen eine Querfurche dicht unter dem Kinnrand. Das subkutane Fett läßt diese Druckstelle regelmäßig frei. Bei fetten Menschen quillt es daher ober- und unterhalb vor: Doppelkinn. Nicht selten gehen sogar Muskelbündel unter dem Kinn von einem Triangularis zum anderen herüber: Musculus transversus menti (Abb. 375). Viel weniger häufig kommen Querbündel oberhalb des Kinns vor, welche an der Stelle, wo gewöhnlich der Mentalis das Relief der Oberfläche allein beherrscht, eine seichte Furche hervorrufen können. Konstant ist dagegen unter dem Kinn auch da, wo kein Doppelkinn besteht, die quere Unterkinnfurche (Abb. 393), eine Strukturfalte, ähnlich der Nasolabialfalte (siehe unten). Sie ist die Grenze zwischen Hals und Gesicht.

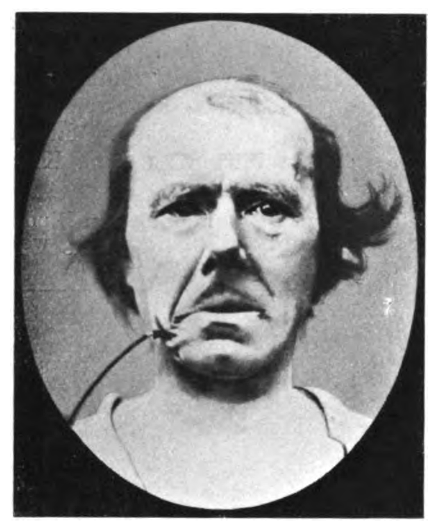


Abb. 377. Elektrische Reizung des rechten M. triangularis, linke Gesichtsseite in Ruhe (Photo von Duchenne, Atlas Fig. 43).

Wirkung auf Mundwinkel und Nasenlippenfurche

Der Triangularis wirkt von unten nach oben und zieht den Mundwinkel abwärts (Abb. 377). Er springt dabei als Wulst unter dem Mundwinkel vor. Noch deutlicher ist mittelbar die Wirkung des Muskels an den Veränderungen einer Hautfalte oder -furche zu erkennen, welche beim unbewegten Gesicht stets sehr deutlich von der Nasenwurzel im Bogen um den Mundwinkel herumläuft: Nasenlippenfurche (Sulcus nasolabialis, Abb. 393). Häufig liegt etwas weiter nach der Wange zu eine zweite Linie, die vordere Wangenfurche, welche namentlich beim herzhaften Lachen deutlich wird. Es kann sogar ein ganzes System solcher gebogener konzentrischer Falten oder Linien beim Lachen auftreten. Der Triangularis hat die sehr charakteristische Wirkung auf die Nasolabialfurche, sie in ihrem oberen Teil zu strecken. Sie zieht bei seiner Kontraktion als gerade Linie seitlich vom Mund schräg abwärts und biegt dann in scharfem Bogen gegen die Unterlippe zu nach innen um (Abb. 377, 378). Sie ist eine Stauchungsfalte der überflüssigen Haut, welche durch eine Reihe benachbarter Muskeln hin- und hergeschoben, vertieft oder abgeflacht werden kann und, je nachdem das Individuum den einen oder anderen dieser Muskeln häufiger gebraucht, dauernd eine bestimmte Form annimmt. Das mimische Muskelspiel kann in ihr wie versteinert seine dauernde Ausdrucksform gewinnen und die Physiognomie des Individuums außerordentlich beeinflussen. Menschen, deren Gemütslage unzufrieden, mürrisch, welt- und menschenverachtend ist, verraten dies durch die gestreckte Form dieser Furche, welche der häufigen Wirkung der beiden Triangulares entspricht (Abb. 378). Man kann deshalb zeichnerisch mit wenigen Strichen



Abb. 378. Geisteskranke Frau mit dauernder Wahnvorstellung: Sie hat einmal ihren Sohn nicht in die Schule geschickt und glaubt sich deshalb vom Lehrer verfolgt (Photo von Dr. Straub, München).

diesen Gesichtsausdruck charakterisieren (Abb. 400a). Es genügt sogar die Form der Mundspalte mit gesenkten Mundwinkeln, welche den Dreiecksmuskeln entspricht (Abb. 398a).

Der mediale Rand des Triangularis ist bei manchen Gesichtern in der Haut als Linie sichtbar, welche vom Mundwinkel aus den Kinnwulst bogenförmig umgreift, Mundwinkellinie (Abb. 393). Der Quadratus labii inf. liegt medial von ihr unter der Haut. Da die Oberflächen des Quadratus und Triangularis durch einen strafferen Bindegewebefilz mit der Haut vereinigt sind als die weiter lateral liegenden Faszien und Muskeln der Wange, so hängt oft die welke Haut älterer Leute seitlich von ihnen etwas über den Kieferrand herab. Die Furche zwischen dieser Hautwampe und der fest anliegenden Kinnhaut hat mit der Mundwinkellinie nichts zu tun; sie verläuft vom Mundwinkel ab schräg auswärts.

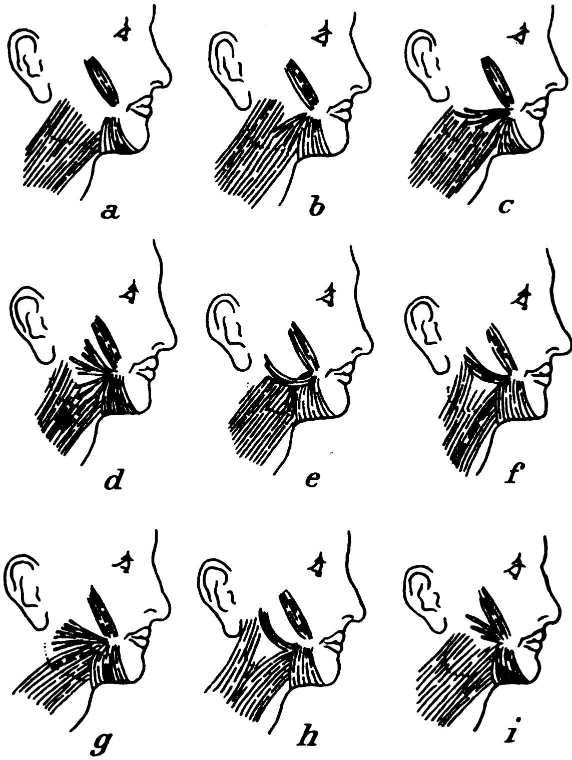


Abb. 379. Varietäten des M. risorius, triangularis und zygomaticus (nach Bluntschli, Morph. Jahrb. 1909).

Innervation: Äste aus dem Plexus buccalis (VII) treten in die Unterfläche des Muskels ein. Blutzufuhr wie beim Quadr. l. inf. Varietäten: Die mediale Partie des Muskels ist am konstantesten, die laterale zeigt zahlreiche Schwankungen (siehe folgenden Muskel). Neben oder statt der Triangularisfasern, welche den Transversus menti bilden, kann auch eine Überkreuzung des Platysma an der gleichen Stelle stattfinden. Oder aber Platysmafasern haben sich abgelöst zu einem selbständigen Muskelchen, in dessen Oberfläche Platysmanerven eintreten, welche meist nur von der einen Körperseite kommen. Der Muskel imitiert den Transversus menti völlig (siehe Ähnliches beim Risorius). Losgelöste Platysmafasern können progressiv dem Unterkieferrand entlang oberflächlich zum Platysma weiterwachsen: M. mandibulomarginalis.

Musculus risorius (Santorini). Der Triangularis hat in seiner lateralen Partie sehr wechselnden Faserverlauf. Dreieckig ist der Muskel nur dann, wenn wirklich der laterale Rand geschlossen ist (Abb. 379a). Sehr häufig strahlen

M. risorius (Tab. S. 743. Nr. 13). Abb. 369. **375**, 379



aber hier Fasern auf das Platysma aus, ja sie reichen bis auf die Wange und in seltenen Fällen selbst bis zum Jochbogen hinauf (b, d). Spalten sich quere Muskelfasern vom Triangularis ab, so nennt man diese Risorius (Santorini. c, e, f). Die Zugehörigkeit zum Triangularis bleibt daran zu erkennen, daß die Fasern beider in dem Muskelknoten seitlich vom Mundwinkel eng zusammenhängen (Abb. 369, 375). Man nennt diese Stelle den Ursprung des Risorius. Denn am bekanntesten ist seine Wirkung vom Mundwinkel aus auf das laterale Ende, welches in der Haut der Wange inseriert und bei manchen Menschen ein Grübchen außen von der Nasolabialfurche erzeugt. Es heißt „Lachgrübchen", weil es besonders häufig das Lachen einleitet oder begleitet (Abb. 400c). Sehr oft existiert es nur einseitig. Zieht sich der Muskel beim Lachen so zusammen, daß seine beiden Enden sich einander nähern, so hilft er den Mund verbreitern und erzeugt gleichzeitig das Lachgrübchen. Mit Fasern, welche an der Fascia parotideomasseterica befestigt sind, kann er aber auch von hier aus den Mundwinkel nach außen ziehen, ohne ein Lachgrübchen zu bilden. Es kommt lediglich darauf an, ob der Mundwinkel beweglich oder festgestellt ist. Der gewinnende Gesichtsausdruck, den das Lachgrübchen jugendlichen Gesichtern gibt, ist allgemein bekannt (amoris digitulo impressum).

Außer einem Risorius Santorini gibt es auch abgespaltene Faserzüge des Platysma, welche einen Quermuskel von identischer Lage und Funktion wie der erstere bilden können. Man nennt ihn: Risorius platysmae (Abb. 379 g, h). Gewöhnlich ist präparatorisch festzustellen, ob die Fasern am Mundwinkel im gleichen Niveau mit dem oberflächlichen Triangularis oder mit dem tiefen Platysma liegen. Danach bestimmt man die Zugehörigkeit zu dem einen oder anderen der beiden Muskeln. Es kommen auch in seltenen Fällen Abzweigungen des Zygomatikus vor, welche geradeso wie der Risorius liegen können, aber an dem Zusammenhang mit dem ersteren im Mundwinkelknoten erkennbar sind (i). Schwieriger und manchmal unmöglich wird die Unterscheidung, wenn die Muskelfasern nicht die Schicht innehalten, welcher sie ursprünglich angehören; so können z. B. Triangularisfasern von Fasern des Risorius überschichtet werden. Ob in solchem Fall Fasern des Triangularis oder Fasern anderer Herkunft ihre Schicht verlassen haben, ist ungewiß. Daß der Risorius bald aus diesem, bald aus jenem Material gebildet ist, erinnert an die Imitationen, die bei Wirbeln und Rippen vorkommen (S. 125).

Innervation des Risorius Santorini gleich der des Triangularis; beim Risorius platysmae ist sie noch nicht genügend untersucht. Blutzufuhr wie bei den übrigen Wangenmuskeln. Der Muskel bedeckt die A. maxillaris externa und V. faciei anterior.

M. caninus (Tab. S. 748, Nr. 14), Abb. 99, 369, 370, 398

Musculus caninus. Er liegt unmittelbar auf dem Oberkiefer in einer Grube, welche nach ihm Fossa canina genannt ist. Sein Name: Eckzahnmuskel entspricht seiner Lage zum Mundwinkel, welchem von innen der obere Eckzahn, Dens caninus, anliegt. Der Muskel entspringt unterhalb des Foramen infraorbitale in der Verlängerung der Ursprungslinie des Masseter am Jochbogen (Abb. 370). Diese Linie kann vom Kaninus aus schräg abwärts bis zu den Alveolen der oberen Schneidezähne verfolgt werden; sie ist außer von ihm noch vom Ursprung des Nasalis besetzt. Sie überschneidet senkrecht die Ursprungslinie für den Quadratus labii superioris, welche längs dem Unterrande der Augenhöhle in die Höhe steigt. Die T-förmige Ordnung der Muskelfelder gibt ein einfaches Schema für die Knochenanheftungen der mimischen Muskeln in der mittleren Gesichtsgegend.

Der Kaninus ist von Fett und von dem Quadratus labii sup., auch vom Zygomatikus überlagert, kann aber gegen den Mundwinkel frei unter der Haut liegen (Abb. 99). Er tritt in den Muskelknoten neben dem Mundwinkel ein (Abb. 369), inseriert an der Haut und Schleimhaut, hängt aber außerdem durch sehnige Zwischenschaltungen mit dem Kreismuskel der Unterlippe und mit dem Triangularis zusammen (Abb. 393). Man muß sich vorstellen, daß Muskelwirkungen möglich sind, bei denen die beiden Kanini und Triangulares (eventuell zusammen mit einem Transversus menti) eine durchlaufende Muskelschlinge

darstellen, welche von Oberkiefer zu Oberkiefer um das Kinn herumzieht. Die Mundwinkel sind in diese Schlinge eingeschaltet und durch sie sehr beweglich; sie werden gehoben oder gesenkt, je nachdem sich mehr der Kaninus- oder Triangularisteil der Schlinge zusammenzieht. Der Kaninus zieht den Mundwinkel nicht nur nach oben, sondern auch ein wenig medialwärts, da er schräg von oben nach unten außen verläuft.

Innervation: Ein Nervenast (VII), welcher unter dem Zygomatikus herauskommt, senkt sich in die Oberfläche des Muskels ein. Blutzufuhr: A. infraorbitalis und A. buccinatoria aus A. maxillaris interna, Zweige der A. max. externa. Der Stamm der A. max. ext. kreuzt nahe dem Mundwinkel über den Kaninus hinweg. Varietäten: siehe Nasalis. Die Zusammenhänge mit dem Triangularis und Orbicularis oris sind ursprünglich. Der Ringmuskel des Mundes ist der älteste Bestandteil des tiefen Sphinktersystems. Von diesem strahlen sukzessive die Fasern des Kaninus und des Triangularis aus. Zahlreiche Zwischenstufen bei den mimischen Muskeln der höheren Affen und Varietäten des Menschen belegen diesen Entwicklungsgang.

M. nasalis (Tab. S. 743, Nr. 15), Abb. **369**, 370, 375, 380

Musculus nasalis. Sein Ursprung schließt schräg abwärts an denjenigen des Kaninus an (Abb. 370), ja es kommen Varietäten vor, bei welchen beide Muskeln zusammenhängen oder besondere Muskelchen im Zwischenraum zwischen ihnen übrig geblieben sind (Abb. 369); diese Muskelchen können gelegentlich vom Knochen entspringen und an ihm inserieren, also funktionslose Überbleibsel sein, Anomalus maxillae. Der Nasalis ist einer der am tiefsten liegenden Muskeln, der aus dem Orbicularis oris hervorgegangen ist und auf die Nase ausstrahlte, nachdem seine Fasern in der Fossa canina Fuß gefaßt hatten. Er wirkt gerade in umgekehrter Richtung wie der Kaninus, nämlich von unten nach oben, anstatt von oben nach unten. Die kürzere untere Partie des Muskels, Pars alaris, inseriert fleischig am Nasenflügel und hinten am beweglichen Teil der Nasenscheidewand. Die Nasenflügel werden durch die beiden Partes alares der Nasenscheidewand genähert, die Nasenlöcher also verengt und das Nasenseptum in seinem hinteren Teil herabgezogen. Die längere obere Partie des Nasalis, Pars transversa, setzt sich in eine dünne Sehnenplatte fort, welche sich über dem Nasenrücken mit der Sehnenplatte des Partners verbindet und auf dem Nasenskelett wie die Galea aponeurotica auf dem Schädel aufliegt.



Abb. 380. Elektrische Reizung des M. frontalis, nasalis und zygomaticus (Photo von Duchenne, Atlas, Fig. 39; der Autor vergleicht das von ihm elektrisch hervorgebrachte Bild mit dem Ausdruck der Greise in der biblischen Szene der ‚Susanna im Bade').

Wie weit das Muskelfleisch beiderseits an der Nase herauf- oder die Aponeurose beiderseits herabreicht, ist großem individuellem Wechsel unterworfen. Am Nasenrücken und der Nasenseitenwand liegt die Pars transversa immer frei unter der Haut, ist aber hier schwer zu finden, wenn sie aponeurotisch ist und einer Faszie ähnlich sieht. Weiter nach unten entdeckt man das kräftige Fleisch des Muskels leicht, wenn man den Quadratus labii sup., welcher hier den Nasalis bedeckt, in die Höhe klappt.

Die beiden Partes transversae umfassen mit ihrer aponeurotischen Ausstrahlung die knorplige Nase wie mit einer Schleuder und können die ganze Weichnase kräftig abwärts ziehen. Die seitliche Furche zwischen dem Nasenflügel und der Oberlippe, die Nasenflügelfurche (Abb. 393), wird dabei

in die Tiefe gezogen; der schmale Raum zwischen ihr und der Nasolabialfurche sinkt zu einer tiefen Nische ein. Besonders charakteristisch sind feine Fältchen der Haut, welche bei manchen Individuen senkrecht zur Faserrichtung der Pars transversa auftreten, wenn letztere kontrahiert wird (Abb. 380). Der Ausdruck, welchen der Nasalis gibt, wird sehr durch die Beteiligung anderer Muskeln bestimmt. Bei fröhlich-erstauntem Gesichtsausdruck kann der Nasalis die besondere Nuance der Lüsternheit hervorbringen.

Es gibt fast regelmäßig feine Muskelzüge, welche vom oberen Rand der knöchernen Nase (Apertura piriformis) entspringen und am Nasenflügel inserieren. Sie werden von den gleichen Nervenästchen wie der Nasalis versorgt und gehören genetisch zu ihm. Sie öffnen die Nasenlöcher beim Schnüffeln (Dilatator). Man kann die Kontraktion fühlen, wenn man den Nasenflügel zwischen zwei Fingerspitzen nimmt. Bei stärkerem Emporziehen des Nasenflügels greift immer das Caput angulare des Quadratus labii sup. ein (Tab. Nr. 19). An der Spitze der Nase gibt es oft einen zarten M. apicis nasi, welcher den vorderen Teil des Nasenloches dilatiert. Über den M. depressor septi nasi siehe Tab. Nr. 16.

Innervation: Infraorbitale Äste (VII) treten in die Oberfläche des M. nasalis ein. Blutzufuhr: A. angularis (speziell R. nasalis) und A. labialis superior aus A. maxillaris ext., A. ethmoidalis anterior aus A. ophthalmica. Ein Schleimbeutel liegt meist auf dem Nasenrücken zwischen der Aponeurose und dem Knorpel. Er erleichtert die Verschieblichkeit der schleuderartigen Binde. Da sie mit der Haut fest verwachsen ist, so macht diese alle Bewegungen der Binde mit.

M. buccinator und orbicularis oris (Tab. S. 743, Nr. 16), Abb. 335, 365, 369, 370, 375, 381, 393

Musculus buccinator und Musculus orbicularis oris. Letzterer ist der Ringmuskel, welcher als flach elliptisches Band in den Lippen liegt und diese zu einer beweglichen Vormauer vor den Zahnreihen macht, Vestibulum oris. Von diesem Muskel sind die in Abb. 375 nicht kolorierten mimischen Muskeln als Ausstrahlungen entstanden. Der Bukzinator gehört zu ihnen, hat aber seine besondere Beziehung zu der Matrix behalten, da er in der Wand der Backentasche liegt, welche den Vorraum der Mundhöhle nach hinten zu bis hinter den Weisheitszahn fortsetzt (Cavum buccale). Die radiär vom Orbikularis ausstrahlenden Abkömmlinge sind in der Regel nicht fleischig mit den Ringfasern verbunden, sondern durch feine Schaltsehnen an sie angeschlossen. Manche schieben sich weit in den Ringmuskel hinein und enden intramuskulär an seinem Perimysium internum. Darin sind Reste des ursprünglichen Zusammenhanges enthalten. Außerdem gibt es zu beiden Seiten der Mundspalte unter dem Muskelknoten je einen sehnigen Streifen, welcher auf der Schleimhaut neben dem Mundwinkel liegt und senkrecht zur Mundspalte steht (Abb. 393, blau). Er ist zwischen viele Züge des Bukzinators, welche an ihm inserieren, und Züge des Orbikularis, welche von ihm entspringen, wie eine Inscriptio tendinea eingeschaltet So sind die meisten Fasern der beiden Muskeln sekundär voneinander gesondert. Auch der Orbikularis der Oberlippe und der Unterlippe entspringen gesondert von diesen Sehnenstreifen, sind also nur funktionell ein Kreismuskel geblieben, anatomisch dagegen in getrennte Muskelpfeiler jeder Ober- und Unterlippe zerlegt. Die Möglichkeit, jede der beiden Lippen selbständig zu bewegen, hängt damit zusammen.

Der Bukzinator entspringt an einer hufeisenförmigen Linie, welche die hintere Umschlagsfalte der Backentasche umsäumt. Sie liegt tief versteckt hinter dem aufsteigenden Ast des Unterkiefers und ragt nur mit den freien Enden des Hufeisens am vorderen Rand des Unterkieferastes vor (Abb. 370). Der obere Teil der Ursprungslinie folgt dem Oberkiefer bis zur Alveole des Weisheitszahnes (Abb. 335) und setzt sich von dort auf das anschließende Gaumenbein fort (Processus pyramidalis). Sehnige Brücken führen die Ursprungslinie hinüber zum Hamulus des Flügelfortsatzes des Keilbeines und zum Unterkiefer. Man nennt sie Raphe pterygomandibularis (Abb. 369). Das gleiche Band benutzt die Pharynxmuskulatur zum Ursprung. Die Züge des

Bukzinator ziehen von der Raphe nach vorn, die Züge des Constrictor pharyngis superior nach hinten. Doch greifen oft die ersteren über die Raphe oberflächlich hinweg auf die Pharynxwand über, so daß die Grenze an der Außenfläche beider Muskeln verwischt ist. Nach der Schleimhaut zu liegt die Raphe immer klar zutage. Der Unterkiefer trägt für den Muskelursprung eine besondere Krista an der Basis des Processus coronoides: *Crista buccinatoria* (Abb. 371). Von ihr erstreckt sich die Ursprungslinie nach vorn auf die Alveolen der Backzähne. Die zahlreichen Muskelfasern, welche von der ausgedehnten hufeisenförmigen Ursprungslinie ausgehen, überkreuzen sich größtenteils spitzwinklig am Mundwinkel; die oberen gelangen in die Richtung der Unterlippe, die unteren in die Richtung der Oberlippe (Abb. 369, 393). Nur obere oder untere Randfasern können ungekreuzt bei der korrespondierenden Lippe bleiben. Die meisten Fasern treten nicht unmittelbar in die Lippen ein, sondern inserieren an dem Sehnenstreifen neben dem Mundwinkel, welcher oben beschrieben wurde. Die Faserplatte des Muskels ist ziemlich dünn und vielfach schlitzförmig durch Drüsenträubchen unterbrochen, welche von der Schleimhaut zwischen die Muskelfasern eingelagert oder zwischen ihnen nach außen durchgeschlüpft sind. Auch der Ausführungsgang der Ohrspeicheldrüse durchbohrt den Muskel gegenüber dem 2. oberen Molarzahn (Abb. 369). Äußerlich ist von der relativ großen Muskelfläche nichts zu sehen. Außer den oberflächlichen mimischen Muskeln bedeckt ihn der konstante Fettpfropf der Wange (Abb. 365). Er ist der einzige mimische Muskel, welcher eine Faszie besitzt: *Fascia buccopharyngea*.

Sie liegt nur auf dem verdeckten Ursprungsteil des Muskels, zwischen ihm und dem Wangenfettpfropf (Abb. 365). Sie ist mit der Raphe verschmolzen oder setzt sich kontinuierlich in die Faszie der Pharynxmuskulatur fort. Nach vorn löst sie sich allmählich in lockeres Bindegewebe auf.

Wirkung auf Wange und Mund

Der BICHATsche Fettpfropf gibt den Bewegungen des Bukzinator Spielraum. Diese sind *passiv*, wenn Luft in den geschlossenen Mundraum aus der Lunge eingetrieben wird, z. B. beim Spielen eines Blasinstrumentes (Elastizität der Lunge, ev. Bauchwandmuskeln). Beide Wangen springen halbkugelig vor („Posaunenengel“) und die Buccinatores in ihnen sind gedehnt. Sie vermögen deshalb von dieser für sie günstigen Ausgangsstellung aus die Luft kraftvoll durch die eben geöffneten Lippen in feinem geraden Strahl auszublasen („Trompetermuskel“) oder durch einen Explosionsstoß den Lippenverschluß zu sprengen. Bei Lähmung oder Kraftverminderung eines der beiden Buccinatores (Fazialislähmung oder Fazialisparese) ist sehr deutlich, daß der Luftstrom schief aus dem Mund herausgepreßt wird, und zwar nach der gelähmten Seite hin. Der Patient vermag nicht eine Kerze, die gerade vor seinen Mund gehalten wird, auszublasen. In der Normallage der Mundwand kann der Bukzinator die Schleimhaut der Backen, welcher er mit seiner Innenfläche unmittelbar anliegt, so dirigieren, daß sie sich den Zahnreihen anschmiegt. Beim Kauen werden die Bissen durch ihn davor bewahrt, in die Backentasche abzurutschen. Wange und Zunge sorgen, jede auf ihrer Seite, dafür, daß das Mahlgeschäft zwischen den Zahnreihen weiterläuft. Der Tonus des Bukzinatior ist aber auch nötig, daß nicht Falten der Wangenschleimhaut zwischen die Zähne geraten.

Bei Lähmungen tritt das nicht selten ein, nicht nur wenn die Bewegungsnerven, sondern auch wenn die Empfindungsnerven der Schleimhaut gelähmt sind (N. trigeminus). Letztere müssen dem Gehirn die Signale geben, wo sich die Bissen im Munde befinden. Daraufhin kann sich erst die Muskulatur der Wange dem Inhalt anpassen (N. facialis). — Endlich haben die Buccinatores die Fähigkeit, die Form der Mundspalte zu beeinflussen. Ziehen sie sich bei geschlossenem Munde zusammen, so werden die Mundwinkel nach außen und die Mundspalte in die Breite gezogen. Bei geöffnetem Mund nähern sich dabei die Ober- und Unterlippe einander, das Rundoval der Mundöffnung wird in die Breite gezogen und schließlich in einen



schmalen Querschlitz verwandelt. Für die Ausdrucksbewegung kommt es darauf an, ob durch andere Muskeln eine weitere Ablenkung des nach außen verschobenen Mundwinkels dazu kommt (z. B. aufwärts beim Lachen, Abb. 400 c).

Vier Quadranten und Saumteil

Eine noch innigere Beziehung zu den Lippen als beim Bukzinator finden wir bei dem Ausgangsmuskel fast der gesamten Lippenmuskulatur, dem Orbicularis oris. Er ist nur scheinbar ein in sich geschlossener Ringmuskel. Die äußerst feinen Muskelbündelchen verlaufen größtenteils von der senkrechten Sehnenplatte neben dem Mundwinkel bis etwas über die Mittellinie der Ober- und Unterlippe hinaus (Abb. 393). Sie verfilzen sich hier mit Bündeln des Partners, welche ebenfalls über die Mittellinie hinausgreifen. Zu diesen Bündelchen, welche zu vier verschiedenen Quadranten gehören, gesellen sich aber

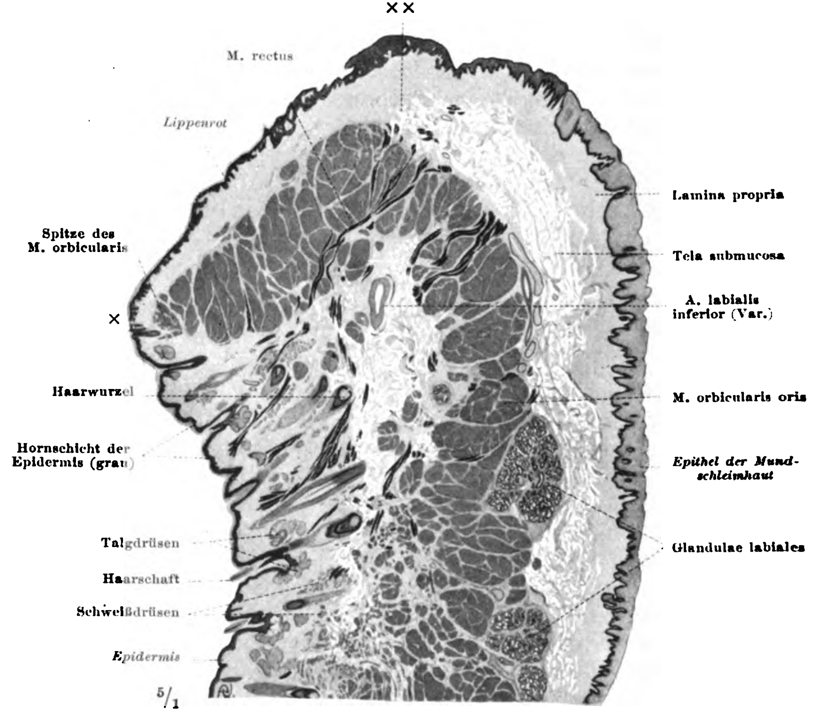


Abb. 381. Querschnitt der Unterlippe eines Mannes. Unter dem Lippenrot von × bis ×× der Saumteil des M. orbicularis. Alle quer getroffenen Muskeln dunkelgrau, alle längs getroffenen schwarz gezeichnet. Die A. lab. inf. liegt ausnahmsweise außen vom M. orbicularis oris.

zahlreiche Muskelfasern der umgebenden Muskeln, welche aus dem Orbikularis entstanden sind. Sie schließen sich entweder zwischen die autochthonen Kreismuskelfasern ein und enden am Perimysium internum oder sie sind direkt durch Schaltsehnen mit ihnen verbunden. Der Orbikularis ist eine breite Platte, die unten bis an die Kinnlippenfurche reicht, oben das Nasenseptum berührt; ja die obersten Fasern sind durch den Ansatz des häutigen Septum am Oberkiefer wie „durchgefädelt". Nach den Seiten zu ist die Muskelplatte etwas schmaler (Abb. 369). Es gibt einen besonderen Saumteil des Orbikularis, welcher auf das Lippenrot zu gegen den übrigen Muskel umgekrempelt ist. Auf dem Schnitt ist er hakenförmig gebogen (Abb. 381). Da die Haut des Lippenrots besonders dünn ist und der Muskel ihr sehr nahe liegt, so legt sie sich in feine radiäre Fältchen, die senkrecht zum Verlauf der Muskel-

fasern stehen (Abb. 393). Durch Lippenschorfe verdorbene Haut besitzt sie nicht.

Die obersten Randfasern des Orbikularis der Oberlippe zweigen, anstatt sich in der Mittellinie mit dem Partner zu verfilzen, zum Septum der Nase ab und inserieren vorn an der beweglichen Haut der Nasenscheidewand; sie können auch die Nasenspitze und zwar das Crus mediale der Cartilago alaris major erreichen. Man nennt sie M. depressor septi nasi (Abb. 369). Sie bewegen die Nasenspitze abwärts (der M. nasalis bewegt die ganze Weichnase abwärts); sie sind die am wenigsten selbständigen Fasern des Orbikularis, sind manchmal nur künstlich gegen ihn zu isolieren und zeigen uns gleichsam in statu nascendi, wie die übrigen, jetzt partiell oder ganz vom Orbikularis losgelösten Muskeln einst aus ihm entstanden sind.

Die Oberfläche des Orbikularis außer dem Saumteil ist durch eine dicke, filzige Bindegewebslage mit der Haut verbunden. Die Unterfläche dagegen ist nur locker mit der Mundhöhlenschleimhaut im Zusammenhang und deshalb besonders leicht zu präparieren.

Der Orbikularis im ganzen bestimmt durch seinen Tonus und durch die Festigkeit seines Bindegewebsfilzes zusammen mit den unter ihm liegenden Knochen und Zähnen die Form des ruhenden Mundes. Die Eigenform der Lippe wird am besten negativ beleuchtet durch das Greisenalter: sie geht in dieser Lebensperiode verloren. Das hängt mit dem Verlust der Zähne und der Rückbildung des Alveolarteiles des Kiefers zusammen, aber auch ganz wesentlich mit der welken schlaffen Haut und Muskulatur. Auch bei Lähmung des motorischen Gesichtsnervs (VII) hängt die Unterlippe herab. Der Speichel fließt ab. An der Oberlippe ist das nicht so merkbar, weil sie an sich in der Richtung der Schwere steht. Die Wirkung benachbarter Muskeln kann die Eigenmuskeln der Lippe ersetzen. Die Lippen sind dann passiv über die Unterlage gespannt und ganz anders gestaltet, wie wenn sie eigenen Stand haben. Bei Affen, auch bei Menschenaffen, ist ganz allgemein die Lippenform eine passive. Für den individuellen Ausdruck des Gesichtes ist die Haltung der Lippen, wie jeder weiß, außerordentlich charakteristisch (vorgewulstete, breite, zurückgenommene schmale Lippen usw.). Bei Bewegungen des Gesamtmuskels wird der Mund geschlossen. Er ist der Antagonist der zahlreichen von außen angreifenden Muskeln, vor allem der vier Quadrati (zwei rechts und zwei links), welche den Mund zu öffnen vermögen. Für die feineren Bewegungen des Mundes ist von Bedeutung, ob die zentralen oder die peripheren Partien des Orbikularis getrennt in Tätigkeit treten. Die Ober- oder Unterlippe kann auch allein funktionieren. Zieht sich der zentrale Teil allein zusammen, so wird die Lippe gegen die Zähne gepreßt und das Lippenrot nach innen gekehrt, verschmälert. Kontrahiert sich der periphere Teil ohne den zentralen, so wird die Lippe nach außen umgestülpt, das Lippenrot verbreitert sich. Die Hauptwirkung entfaltet der Orbikularis bei den Bewegungen des Mundes während des Essens und Trinkens.

Wirkung auf Form und Bewegung der Lippen

Dabei kommt es wesentlich darauf an, wieviel Haut durch die Nachbarmuskeln herbeigeschafft wird, damit die Lippe Stoff genug hat, um nach vorwärts zu kommen, wie ein Anzug Raum geben muß für die Bewegung der Glieder, welche er bedeckt. Beim Mentalis wurde gezeigt, daß er die Kinnhaut in die Höhe schiebt (S. 774). Die Unterlippe kann sich dann um den Querriegel der peripheren Orbikularisfasern umschlagen, wie ein Vorhang um die Stange, über welche er herübergelegt ist (Abb. 376). Der Quadratus l. inf. verstärkt dabei die Umkrempelung des Lippenrotes. — Sind die peripheren Partien des Orbikularis in allen vier Quadranten tätig, so wird der Mund rüsselförmig vorgestreckt und die Lippen werden in tiefe radiäre Falten gelegt. — Für die Mimik sind diese Bewegungen von fundamentaler genetischer Bedeutung, wie später dargelegt werden soll. Für sich allein ist der Muskel dagegen wenig charakteristisch für bestimmte Ausdrucksbewegungen. Im Zusammenhang mit anderen finden wir ihn bei aggressiven Gefühlen beteiligt (verbissene Wut, Mutwillen, Argwohn).

Innervation: Der Bukzinator wird von Ästen des N. facialis des Mittel- und Untergesichtes versorgt, welche auf der Oberfläche des Muskels ein Geflecht

bilden (Plexus buccinatorius). Der Nervus buccinatorius (Vc) hat mit der Innervation des Muskels nichts zu tun; seine Äste durchbohren ihn und versorgen die Schleimhaut der Wange. Die Fazialisfasern für den Orbikularis der Ober- und Unterlippe dringen am Rand und von der Unterfläche des Muskels aus in ihn ein. Blutzufuhr: Der Bukzinator erhält Blut aus einem Anastomosennetz zwischen Arterien der verschiedensten Herkunft: A. transversa faciei aus A. temporalis spf., kleine Äste der A. maxillaris externa, A. buccinatoria, A. alveolaris superior posterior, A. mentalis und infraorbitalis aus der A. maxillaris interna. In den Orbikularis gehen die Aa. labiales superiores et inferiores. Sie liegen nicht weit vom Lippenrot innen der Schleimhaut an. Man fühlt dort den Puls, wenn man die Lippe zwischen die Fingerkuppen nimmt. Nach außen zu liegt die Dicke des Muskels auf den Gefäßen. Von außen gelangen außerdem noch Ästchen in die Lippen: in die Unterlippe aus der A. mentalis (A. max. int.) und A. submentalis (A. max. ext.); in die Oberlippe aus der A. infraorbitalis (A. max. int.) und A. angularis (A. ophthalmica aus A. carotis interna).

Mm. incisivi (Tab. S. 743, Nr. 17), Abb. 370, **393**

Musculi incisivi labii superioris et inferioris. In jeder Lippe hängen zwei Muskelchen mit dem Orbikularis eng zusammen, sind aber durch ihre Anheftungen am Knochen, den Schneidezahnalveolen, die ihnen auch den Namen: Schneidezahnmuskelchen eingetragen haben, selbständiger als etwa der Depressor septi, der lediglich an beweglichen Teilen befestigt ist. Die quere Richtung vom festen Knochenursprung (Abb. 370) nach dem beweglichen Mundwinkel zu (Abb. 393) ermöglicht den Inzisivi nicht nur dem Bukzinator entgegenzuwirken (darin sind sie nur ein Teil des Orbikularis), sondern auch die Mundspalte gegen den Knochen richtig zu stellen. Das kann der Orbikularis wegen seiner ausschließlichen Befestigungen an Haut und Schleimhaut nur indirekt, nämlich durch Ausgleich der Spannungen in seinen vier Quadranten. Wie unvollkommen das oft geschieht, lehren die zahlreichen Menschen mit schiefstehendem Mund. Symmetrisch steht die Mundspalte eigentlich nie. Doch korrigieren die Inzisivi und auch die anderen in die Lippen einstrahlenden Muskeln, welche Knochenursprünge haben, die Stellung am besten.

Die Inzisivi liegen tiefer als der Orbikularis, der Schleimhaut des Vorraumes der Mundhöhle zunächst, und zwar dort, wo sich diese umschlägt (Fornix). Die Inzisivi der Unterlippe entspringen mehr lateral als diejenigen der Oberlippe, erstere sogar bis an die Alveole des Eckzahnes verschoben, letztere wirklich von den Alveolen der Schneidezähne. In der Unterlippe schließen die Fasern dicht an die äußersten Fasern des Mentalis an, obgleich keine genetische Beziehung zu diesem Muskel besteht; in der Oberlippe sind sie dicht an die Fasern des Nasalis angelehnt, denen sie auch genetisch nahestehen. Die Insertion eines jeden Inzisivus der Ober- und Unterlippe ist an dem senkrechten Sehnenstreifen der Schleimhaut neben dem Mundwinkel befestigt und hier oft durch Schaltsehnen mit dem Bukzinator verbunden. Die Größe der Muskelchen ist sehr wechselnd, besonders beim oberen Inzisivus.

Bei Bewegungen der Lippen vermögen die Inzisivi durch ihre quere Richtung besonders den Mund zu spitzen, wie beim Saugen, Pfeifen, Küssen usw.

Innervation und Blutzufuhr: wie beim Orbikularis der betreffenden Lippe.

M. zygomaticus (Tab. S. 743, Nr. 18), Abb. 99, 369, 370, **375**, 382, 393

Musculus zygomaticus. Der Muskel hat seinen Namen nach dem Jochbein, an welchem er, dicht vor der Sutura zygomaticotemporalis, in einer seichten Grube entspringt (Abb. 370). Er zieht schräg durch die Wange am oberflächlichsten von allen mimischen Muskeln zum gemeinsamen Muskelknoten aller Mundwinkelmuskeln (Abb. 375) und beteiligt sich als einer der wichtigsten Regulatoren für die Stellung und Bewegung der Lippen am Muskelspiel um die Mundspalte. Trotz dieser innigen funktionellen Beziehungen zu dem Orbicularis oris und dessen Abkömmlingen ist er doch erst sekundär an den Mundwinkel gelangt, und zwar vom Auge aus, zu dessen Kreismuskel er ursprünglich gehört. Sehr häufig ist noch der mediale Rand des Muskels

in primitivem Zusammenhang mit letzterem. Geradeso wie vom Kreismuskel des Mundes Muskelbündel abschwenken und bis zur Augenhöhle hinaufsteigen (z. B. der früher beschriebene Kaninus), so ist umgekehrt vom Kreismuskel des Auges aus Material zum Mund aberriert. Außer dem Zygomatikus gehört dazu ein Teil des Quadratus l. sup. (Tab. Nr. 19). Zahlreiche Varietäten sind die Folge dieser Materialverschiebungen, deren Stromrichtung einander gerade entgegengesetzt ist.

Bei niederen Affen ist der Zusammenhang des Zygomatikus mit dem Orbikularis und die Unabhängigkeit vom Kaninus (und dem Sphincter oris überhaupt) sehr ausgeprägt. Beim Menschen können progressive Varianten hinzutreten, welche das ursprüngliche Bild verwischen. Typisch ist die Spaltung der Insertion des Muskels in eine oberflächliche und tiefe Schicht, zwischen welche sich der Kaninus auf dem Wege zum Mundwinkel einschiebt (Abb. 393). Durch diese Spalte ist wie ein Eruptivgestein der Triangularis, ein Abkömmling des Kaninus, an die Oberfläche und dort zur Ausbreitung gelangt.

Gelegentlich ziehen beim Menschen Muskelzüge in dem Zwischenraum zwischen Platysma und lateralem Rand des Zygomatikus quer in der Richtung vom Ohr über die Wange. Es sind das unter Umständen Reste eines breiten Muskelzuges (Auriculolabialis superior, Strom Nr. 2, S. 772), welcher bei Affen das Platysma kontinuierlich vor dem Ohr fortsetzt und welcher, indem er zur Augenhöhle gelangte, den unteren Teil des Orbicularis oculi entstehen ließ. Aus ihm ist also auch der Zygomatikus hervorgegangen. Neben diesen atavistischen Resten gibt es höchstwahrscheinlich auch progressive Varietäten, welche ähnlich aussehen: Randfasern des Zygomatikus lehnen sich an den Triangularis an oder ersetzen den Risorius (S. 778). Ob ontogenetisch der Zygomatikus beim Menschen zusammen mit dem Kaninus entsteht, wie angegeben wird, ist nachzuprüfen. Der Zygomatikus des Erwachsenen ist sehr verschieden stark, er kann selbst fehlen.

Beziehung zu Gesichtsfalten und -furchen

Der Zygomatikus bedeckt die oberste innerste Kante des Masseter, den Wangenfettpfropf und den Ausführgang der Ohrspeicheldrüse. Er strahlt in die Haut des Mundwinkels, mit tiefen Fasern an die Schleimhaut dieser Gegend und mit durchlaufenden Fasern in die Oberlippe aus (häufig auch in die Unterlippe). Da die Haut der Wange, der er unmittelbar anliegt, sehr fettreich zu sein pflegt, beeinflußt er indirekt durch diese das Relief des Gesichtes. Denn die Wangenhaut staut sich zu einem dicken Wulst außen von der Nasenlippenfurche, sobald sich der Muskel kontrahiert (Abb. 382, rechte Gesichtshälfte). Der Sulcus nasolabialis selbst wird vertieft, ändert aber auch in sehr charakteristischer Weise seine Form: man vergleiche die Linienführung mit der dazu lebhaft kontrastierenden Gestalt bei Triangulariswirkung (Abb. 400a, c). Der obere Abschnitt der Furche ist nicht wie bei letzterer gestreckt, sondern nach außen konkav ausgebogen. Er biegt S-förmig in den unteren Abschnitt um, der zwar wie beim Triangularis nach außen konvex ist, aber höher steht als dort. Es gibt Menschen, bei welchen der Zygomatikus die Haut zu einer doppelseitig begrenzten, nach außen vorspringenden schmalen Falte aufwirft. Diese ist gegen die tieferliegende übrige Gesichtshaut vorn von der Nasenlippenfurche und hinten von der vorderen Wangenfurche wie mit Steilabbrüchen eines Bergkammes abgesetzt. Die letztgenannte Furche kann sich nach unten in die Unterkinnfurche fortsetzen (Abb. 393). Konzentrische Furchen außen von der Nasenlippenfurche fehlen selten; auch staut sich die Haut am unteren Lid zu radiären Fältchen („Krähenfüße") und unter dem vorquellenden Lid vertieft sich die untere Lidfurche (Abb. 382, 400c). Durch den Schatten, welcher dadurch entsteht, scheint die Augenspalte schräg gestellt zu sein (Abb. 398c); doch ist dies meistens eine optische Täuschung.

Lachmuskel

Aus den Abbildungen zur Linienführung des Hautreliefs, welche dem Zygomatikus zuzuschreiben ist, wird der Leser ersehen haben, daß unser Muskel den Ausdruck der Freude hervorruft. Er ist der eigentliche „Lachmuskel". Der Risorius ist oft beteiligt (Lachgrübchen), hat aber nur neben-

sächliche Bedeutung; er fehlt oft, ohne daß die betreffenden Individuen darum einen weniger deutlichen Ausdruck der Freude und des Lachens hätten. Wie charakteristisch der Zygomatikus dagegen für diese Ausdrucksbewegungen ist, zeigt besonders die elektrische Methode, durch welche bei ganz geringer Verschiebung des Reizpunktes nach dem Quadratus l. sup. zu der entgegengesetzte Ausdruck hervorgerufen werden kann (Abb. 382; man halte abwechselnd eine Gesichtshälfte zu: Lachen und Weinen). Unter den vielen Muskeln, welche auf den Mundwinkel wirken (Abb. 393), gibt der Zygomatikus allein dieser Stelle die entschiedene Richtung nach auswärts und aufwärts. Dabei wird der obere Eckzahn von der Lippe etwas entblößt. Der Bukzinator, welcher kräftig nach außen zieht und die Mundspalte verbreitert, kann nicht nach oben ziehen, weil seine sich überkreuzenden Fasern sich gegenseitig hemmen. Andere Lippenheber treffen nicht so ausschließlich den Winkel der Mundspalte wie der Zygomatikus. So nimmt er in der Wirkung auf Lippen, Nasenlippenfalte und äußeren Augenwinkel eine geradezu einzige Stellung ein und ist eines der unverkennbarsten Individuen im mimischen Muskelspiel. Freilich sind für das Lachen die Bewegungen um die Augen- und Nasenöffnungen wichtiger als die Lippenbewegungen, und für die verschiedenen Abarten der Freude und des Lachens müssen Nachbarmuskeln des Zygomatikus mit eingreifen; er selbst fehlt nie dabei. Unter der häufigen Wirkung des Lachmuskels, oft auch durch vererbte Anlage wird die für ihn charakteristische Linienführung im Gesicht stationär. Eine vergnügte, frohe Gemütslage verrät sich allein durch die Form der Wange und die Stellung des Mundwinkels. Auch läßt sich in der Zeichnung mit wenigen, für den Zygomatikus charakteristischen Linien der Ausdruck der Freude treffen (Abb. 398, 400). Daß sich durchschnittlich „Krähenfüße“ als Anzeichen des Alters einstellen, ist ein erfreulicher Beweis für die überwiegend heitere Gemütslage unserer Rasse. Allerdings ist auch die untere Hälfte des Orbicularis oculi für diese radiären Fältchen mit verantwortlich.



Abb. 382. Elektrische Reizung des M. zygomaticus (rechte Gesichtsseite) und des M. quadratus labii superioris (Caput zygomaticum, linke Gesichtsseite). Photo von Duchenne (Atlas).

Innervation: Rr. zygomatici (VII) treten in die Unterfläche des Muskels in einer queren Linie etwas oberhalb seiner Mitte ein. Der Muskel überbrückt die Rr. buccales des N. facialis in der Wangengegend. Blutzufuhr: aus dem breiten bukkalen Anastomosennetz (S. 784).

M. quadratus l. sup. (Tab. S. 743, Nr. 19), Abb. 99, 369, 370, 375, 393

Musculus quadratus labii superioris. Der Muskel hat drei verschiedene Ursprungsköpfe, Caput zygomaticum, C. angulare und C. infraorbitale, welche auf die Insertion an der Oberlippe hin bald zu einer geschlossenen Platte vereinigt, bald der ganzen Länge nach getrennt sein können. Das Caput infraorbitale, welches unter den beiden anderen liegt, ist fast immer ganz selbständig. Der Herkunft nach sind es alle drei Köpfe. Wir sehen im Quadratus superior ein höchst eigenartiges Konglomerat von Muskeln zweier entgegengesetzt gerichteter Muskelströme (Abb. 375, grau und rot). Wie der Kaninus ist das Caput infraorbitale ein Abkömmling des Kreismuskels des

Mundes, welcher **aufwärts** nach der Augenhöhle zu aberriert ist und wegen seiner Knochenbefestigung am unteren Rand derselben seinen Namen trägt. Wie der Zygomatikus, sind die beiden übrigen Köpfe aus dem Kreismuskel des Auges **abwärts** abgeschwenkt: das Caput zygomaticum ist analog dem Zygomatikus selbst entstanden, liegt aber mehr medial. Oft ist dieser Kopf noch in primitiver Weise muskulös mit dem Orbikularis verbunden (Abb. 375), oft aber mit einigen Fasern, seltener mit allen am Knochen befestigt (am unteren Jochbeinrand, Abb. 370); das Caput angulare ist dagegen eine Ablösung vom medialen Abschnitt des Orbikularis, hängt ebenfalls noch am inneren Augenwinkel mit dem Kreismuskel zusammen oder hat am Stirnfortsatz des Oberkiefers Posto gefaßt (Abb. 370).

In der älteren und der ausländischen Literatur wird das Caput infraorbitale als eigener Muskel bezeichnet, Levator labii proprius. Die BNA haben die hier festgehaltene Bezeichnungsweise angenommen, welche die drei Muskeln weniger nach präparatorischen, als nach allgemein formbildenden Merkmalen zusammenfaßt. Denn für die Form des Gesichtes in Ruhe und Bewegung ist der gesamte Komplex einheitlich wirksam, wie sich noch zeigen wird.

Das Caput angulare schließt sich manchmal oben eng an den obersten Rand des Nasalis an und kann mit ihm eine einheitliche Muskelplatte bilden. Genetisch haben aber beide Muskeln nichts miteinander zu tun. Nach unten zu überlagert das insertive Ende des Caput angulare ausnahmslos den Nasalis. Bei der Präparation muß man sich hüten den Nasalis zu verletzen, welcher hier schräg und je näher dem Mund um so mehr quer unter dem Caput alare heraustritt (Abb. 375). Die Randbündel des Caput angulare sind oft von Bündeln des Nasalis durchkreuzt. Der Ursprung am Knochen reicht meist weit am unteren Orbitalrand nach außen (Abb. 370), ganz versteckt unter dem Orbicularis oculi.

Das Caput zygomaticum ist am wechselndsten ausgebildet. Ein Muskelbündel, welches bis zum Mundwinkel herabreicht, ist oft nur einseitig vorhanden, kann aber auch beiderseits vorkommen, im ganzen nur in 22% der Fälle. Der alte Name ist Zygomaticus minor. Er schließt sich dem äußeren Rand des Caput infraorbitale an oder überlagert schräg das letztere und grenzt so gegen die Insertion hin an das Caput angulare (Abb. 375).

Das Caput infraorbitale entspringt unmittelbar über dem Foramen infraorbitale (Abb. 370). Man kann dieses versteckte Loch und die aus ihm austretenden Gefäße und Nerven ohne jede Muskelverletzung frei legen, wenn man den Quadr. l. sup., dessen Insertion sowieso beim Ablösen der Haut abgetrennt ist, nach oben umklappt. Das Caput infraorb. ist eine quadratische kräftige Muskelplatte, welche mit kurzer Sehne breit unter dem Augenhöhlenrand entspringt (Abb. 369). Sie ist der konstanteste Kopf des Quadratus l. sup.

Da die Ursprünge der drei Köpfe in einer Reihe liegen, ist die Ursprungslinie des Quadratus sehr lang. Sie steht senkrecht zur gemeinsamen Ursprungslinie des Masseter, Kaninus, Nasalis und Incisivus sup. (Abb. 370). Der Muskel im ganzen ist eine entsprechend breite Platte, welche nur am oberen Rand vom Orbicularis oculi überdeckt ist, im übrigen frei unter der fettreichen Haut der Wange abwärts zieht und breit die Fossa canina des Schädels überspannt, so daß diese Grube im Relief des Gesichts nur bei stärkster Abmagerung mit Muskelschwund bemerkbar ist. Gewöhnlich ist im Gegenteil die Wangenhaut über der Grube ein wenig nach außen vorgewölbt. Diese Stelle ist durch besonderes Inkarnat der Haut ausgezeichnet, welches selten den Jochbogen nach oben und die Nasenlippenfurche nach innen überschreitet, aber nach außen zu verschieden weit über den Zygomatikus nach hinten reicht („rote Bäckchen"). Der Breite des Quadratus entspricht die ausgedehnte Insertion. Sie reicht vom Mundwinkel bis zum Nasenflügel und erreicht zwischen diesen beiden Flanken im günstigsten Fall überall die Oberlippe. Das filzige Gewebe zwischen Orbicularis oris und Haut der Oberlippe besteht größtenteils aus sehnigen Fortsätzen des Quadratus, besonders in dem Dreieck zwischen Nasenlippenfurche und Nasenflügel (Abb. 393). Je weniger weit die Muskelfasern im individuellen Fall gegen die Oberlippe herabreichen, um so mehr inserieren sie an

Backenmuskel

der Haut der Wange. Das Fleisch des Caput zygomaticum kann besonders häufig im Bereich der Wange zu Ende sein, weit vom Mundwinkel entfernt (deshalb der alte Name: M. malaris). Auch beim Caput angulare kommt Ähnliches vor. Das Caput infraorbitale dringt in Staffeln bis in die Haut der Unterlippe vor.

Die Muskelfasern, welche in der Wange aufhören, können durch feine Sehnen weiter abwärts fortgeleitet sein und doch auf die Oberlippe wirken. Ob sie unmittelbar die Nasenlippenfurche bewegen, indem sie an dieser inserieren, ist nicht sicher. Wenn es so wäre, könnte durch Zug an dieser Furche indirekt die Oberlippe emporgehoben werden. — Das Caput angulare schmiegt sich der Form der Nase an, unterschreitet die seitliche Nasenflügelfurche und inseriert an der Haut des Nasenflügels (Abb. 393). Die Fasern, welche in die Oberlippe eintreten, strahlen zum Teil bis gegen die Mitte der Lippe aus (deshalb der alte Muskelname: M. levator labii alaeque nasi).

Beziehung zur Form der Nasenlippenfurche

Zieht sich der Quadratus sup. zusammen (Abb. 382, linke Gesichtshälfte), oder hat der Tonus des Muskels dauernd eine ähnliche Wirkung, so wird die Wangenhaut so gehoben, daß die Nasenlippenfurche ziemlich straff schräg von oben nach unten zieht. Das Bild ist ganz verschieden von der beim Zygomatikus und Triangularis besprochenen Linienführung (Abb. 400). In den drei Typen besteht eine nach außen gerichtete, aber jeweils anders lokalisierte Konvexität der Furche. Beim Triangularis (a) sitzt die Ausbuchtung am tiefsten (neben und unter dem Mundwinkel). Beim Zygomatikus (c) steht sie etwas höher, geht aber S-förmig geschweift nach oben in eine nach außen gerichtete Konkavität über. Beim Quadratus (b) liegt die Konvexität ganz im Bereich der Wange. Gerade der oberste Teil der Linie ist also am verschiedensten: beim Triangularis gerade, wie mit dem Lineal gezogen, beim Zygomatikus stark nach innen vorgewölbt, beim Quadratus sup. etwas nach außen vorgewölbt, fast gerade, aber nie ganz gerade.

Man vergleiche dazu die Photographien Abb. 377 und 382 (rechts und links). Die Linienführung ist beim Quadratus um so ausgebauchter, je mehr von den medialen Fasern des Muskels beteiligt sind (Caput angulare).

Die Art und Weise, wie die Form der Nasenlippenfurche beeinflußt wird, ist folgende: Der Quadratus sup. schiebt die Haut der Oberlippe nach aufwärts. Diese Hautpartie drängt gegen die Haut der fettreichen Backe und hebt sie in die Höhe. So entsteht die charakteristische Form der Furche durch Stauchung oder Schub (Schubfurche, falls durch direkten Muskelzug auch als „Angriffsfurche"). Beim Zygomatikus drängt umgekehrt die fettreiche Haut der Backe gegen die entspannte obere Partie der Nasenlippenfurche und wölbt sie nach innen vor.

Wie sehr der Quadratus imstande ist, die ganze Oberlippe zu heben (und dadurch gerade den oberen Teil der Nasenlippenfurche wegzuschieben), ist besonders beim Heulen kleiner Kinder deutlich (Abb. 399). Der Mund sieht viereckig aus, weil die beiden oberen Quadrati die Oberlippe empor-, die beiden unteren Quadrati die Unterlippe niederziehen. Auf die Mundwinkel wirken dabei von den dort befestigten Muskeln nur solche, welche die Bewegung nach oben und unten nicht hindern, so daß jederseits statt des spitzen Winkels der Mundspalte eine fast senkrechte Gerade als seitliche Begrenzung entstehen kann. Die Tränen können in der gestreckten Nasenlippenfurche wie in einer Traufe herunterströmen. Daß der Quadratus die Lippe und nicht den Mundwinkel hebt, sieht man besonders daran, daß er die Schneidezähne entblößt und nicht wie der Zygomatikus den Eckzahn. Der Nasenflügel wird durch das Caput angulare gehoben und die Haut seitlich der Nasenwurzel dabei manchmal in schiefe, vom Augenwinkel ausstrahlende Falten gelegt.

Ausdruck des Weinens

Die Ausdrucksbewegungen des Weinens, auch der Verachtung, Unzufriedenheit, Unlust werden durch den Quadratus sup. hervorgerufen, aber selten durch ihn allein; jedenfalls sind sie weniger eindeutig durch ihn bedingt als der Ausdruck des Lachens durch den Zygomatikus. Hält man in Abb. 382 abwechselnd die eine und andere Gesichtshälfte zu, so ist die gegensätzliche Ausdrucksform beider Muskeln überraschend. Dagegen sind Kombinationen des Quadratus mit dem Triangularis und Orbicularis oculi bei den mimischen

Bewegungen und besonders bei den stationären Formen unlustiger oder traurig gestimmter Menschen ausdrucksfähiger als die reine Quadratuswirkung (außer der charakteristischen Nasenlippenfurche und Mundstellung: Herabziehen des Mundwinkels und Schließen der Augenspalte, Abb. 400b).

Die Form des Mundes ist sehr häufig für die Physiognomie der Lust- und Unlustgefühle weniger wichtig als die Stellung der Augenlider und besonders die Form der Nase. Das Öffnen der Nasenlöcher ist sogar das hervorstechendste Merkmal des Ausdrucks der Freude, umgekehrt das Schließen am kennzeichnendsten für die Trauer. Es ist bekannt, daß man in einfachen Strichzeichnungen des Gesichts den Ausdruck des Lachens und des Weinens nur durch Veränderung des Winkels der Nasenspitze, der Mund- und Augenspalten hervorrufen kann („Jean, qui pleurt, et Jean, qui rit", Abb. 398 a und c). Das Caput angulare bedingt nun aber gerade diejenige Stellung des Nasenflügels, welche für das Lachen charakteristisch ist. So wird bei Gesamtwirkung des Quadratus sup. nie der Ausdruck des Weinens rein zum Vorschein kommen. Es muß vielmehr, wie in Abb. 382, der Teil des Caput angulare ausgeschaltet bleiben, welcher den Nasenflügel hebt. Letzterer allein (Levator alae nasi) wird beim Lachen durch dilatierende Fasern des Nasalis unterstützt (S. 780). Es ist nichts Besonderes, daß Teile von Muskeln gegensätzliche Wirkungen haben. In der rein körperlichen Sphäre ist das häufig so, z. B. beim Trapezius, dessen Teile das Schulterblatt heben und senken u. a. m.

Innervation: Rr. zygomatici (VII) treten aus dem M. zygomaticus oder unter ihm hinweg in die Unterfläche des Quadratus sup. Blutzufuhr: A. infraorbitalis (aus A. maxillaris int.), A. labii sup. und A. angularis (aus A. maxill. ext.). Die V. faciei anterior liegt auf dem Ursprung des Caput infraorbitale. Das Caput angulare überbrückt oft mit einer sehnigen Ursprungsarkade die Vasa angularia.

3. Die mimischen Muskeln der Lidspalte. Tabelle Nr. 20—23.

Musculus orbicularis oculi. Der Ringmuskel des Auges ist präparatorisch viel leichter und sinnfälliger darzustellen als der des Mundes, weil seine Fasern nicht staffelförmig an die Haut gehen, sondern nach Abziehen der Haut und des locker befestigten Bindegewebes als saubere glatte Muskelplatte ähnlich dem Platysma unverletzt freigelegt werden können (Abb. 375). Man vermißt nur häufig eine scharfe Abgrenzung des äußeren Randes der monokelförmigen Platte, weil Fasern von ihr aberrieren. Dies sind zum Teil primitive Züge, welche noch die ursprüngliche Beziehung zum Ohr einhalten oder andeuten; von dort aus ist der Muskel eingewandert, und zwar in je einem Streifen oberhalb und unterhalb der Lidspalte. Vom ersteren fehlen selten Reste (M. auriculofrontalis), welche auf der Fascia temporalis liegen und mit dem Orbikularis zusammenhängen oder mehr oder minder selbständig gegen ihn geworden sind. Seltener sind so ausgedehnte Reste des unteren Zuges. Dagegen ist ein Relikt von ihm an der Ohrmuschel erhalten, M. helicis; außerdem strahlen die unteren Randfasern des Orbikularis noch häufig in der Richtung auf das Ohr mit freien Enden aus.

M. orbicularis oculi (Tab. S. 743, Nr. 20), Abb. 99, 369, 370, 375

Bei sorgfältiger Präparation ist immer zu erkennen, daß auch bei Erwachsenen die beiden primären Streifen des Orbikularis außen und innen vom Auge nur verflochten, aber nicht eigentlich verschmolzen sind. Andere Züge des Muskels sind sekundär abgeschwenkt. Diese sind weiter unten näher besprochen (siehe Depressor supercilii).

Man unterscheidet eine Pars palpebralis auf den eigentlichen Augenlidern (Tarsus superior et inferior, Abb. 393) und eine Pars orbitalis s. ectoorbitalis, welche ringsum über die knöchernen Ränder der Augenhöhle hinausragt (Abb. 375). Die erstere wird von dem beweglichen Lid mitgenommen, die letztere nicht. Es schiebt sich das Lid, besonders das obere, wie der zurückschiebbare Teil eines Zylinderbureaus hinter die feststehende Pars orbitalis (Abb. 393, linkes Auge). Die Pars orbitalis überdeckt also beim geöffneten Auge den größten Teil der Pars palpebralis. An der Stelle, wo die letztere zum Vorschein kommt, wird äußerlich in der Haut eine Falte erzeugt, welche

Einteilung, Beziehung der Teile zu Hautfalten

konzentrisch zum Lidrand verläuft, aber beim oberen Lid weiter vom Lidrand entfernt liegt als beim unteren: obere und untere Tarsalfalte. Beim oberen Lid hängt die Haut meistens vom oberen knöchernen Augenhöhlenrand sackartig herab, weil sie nur locker an die darunter liegende Pars palpebralis angeheftet ist, und überschneidet, besonders bei älteren Leuten, als überhängende Deckfalte den äußeren Teil der oberen Tarsalfalte (z. B. auf jedem Bismarckporträt). Es besteht eine tiefe Nische an dieser Stelle. Doch wird bei geschlossenen Lidern das ganze Relief eingeebnet, weil jetzt die Partes palpebrales in das gleiche Niveau mit den Partes orbitales rücken (Abb. 375).

Bei mongolischen Völkern hängt die Deckfalte über den ganzen inneren Augenwinkel herab und geht in die Nasenhaut über, Plica marginalis. Von anderen wird sie als eine Falte für sich betrachtet, welche unabhängig von der Deckfalte entstanden ist. Immer aber ist sie mit dieser beim fertigen Auge eins. Schiebt man sie in die Höhe, so sieht man erst den wirklichen, dem europäischen Auge entsprechenden inneren Augenwinkel. Gewöhnlich aber ist er verdeckt und die Wimpern kommen aus der Tiefe von dem dort verborgenen Lidrand hervor. Das „Mongolenauge" bekommt dadurch einen eigentümlichen Ausdruck (Japaner). Bei europäischen Kindern ist eine Plica marginalis in geringer Ausbildung nicht selten: Epicanthus. Sie ist bei Säuglingen in 33% der Fälle, bei Knaben von 12 Jahren und mehr nur noch in 3,3% der Fälle nachgewiesen.

Pars orbitalis

Die Pars orbitalis entspringt am inneren Augenwinkel von der Crista lacrimalis des Oberkiefers (Abb. 370) und von dem medialwärts anschließenden Ligamentum palpebrale mediale. Der untere Rand dieser Portion geht schräg abwärts über den Ursprung des Caput infraorbitale des oberen Quadratmuskels hinweg (Abb. 375); er ist bei mageren Menschen, namentlich nach Anstrengungen, als Wangenlidfurche sichtbar (Abb. 393). Hier stößt die vom Orbikularis geformte Fläche, welche der Ebene des Orbitaeinganges entspricht, mit der schrägen Hautbrücke zwischen Wange und Nase zusammen. Sinkt der Inhalt der Augenhöhle durch verminderten Turgor des wasserreichen Füllgewebes ein, so vertieft sich die Wangenlidfurche oft erheblich und wirft dunkle Schatten, ein bekanntes Merkmal der Erschöpfung. Der Tonus des Muskels hält dem Zug von innen stand; neben dem Muskelrand wird die Haut nach einwärts gesogen, und der Rand plastisch herausmodelliert.

Am äußeren Augenwinkel reichen die Muskelfasern weit über die Raphe palpebralis lateralis heraus und bedecken an der Stirn den M. frontalis (Tab. Nr. 23) und M. corrugator supercilii (Tab. Nr. 22), werden aber selbst vom M. depressor supercilii, einer Abspaltung des Orbikularis, überlagert (Abb. 375). Die Knochenbefestigung am inneren Augenwinkel reicht von der Pars nasalis des Stirnbeins bis auf den Processus frontalis des Oberkiefers. Mit diesem Teil des Muskels sind Fasern des Frontalis sehnig verbunden, so daß indirekt auch der Frontalis am Stirnbeinfortsatz befestigt ist (Abb. 370). Man kann den ganzen Orbitalis als eine kontinuierliche Platte ablösen und nach der anderen Gesichtsseite umklappen, ohne die Skelettbefestigungen zu zertrennen, da diese, wie wir sahen, ausschließlich am inneren Augenwinkel liegen. Man kann deshalb den Muskel mit dem runden Brillenglas eines Kneifers vergleichen, welches nur innen seinen Halt hat. Wie dieses frei vor dem Auge steht, so liegt der Orbitalis verschieblich vor der Augenhöhle, dem Kontur des Knochens eng angeschmiegt. Zieht sich der Kreismuskel zusammen, so wird die Haut auf die Lidspalte hin zusammengezogen, und zwar um so mehr, je weiter sie vom inneren Augenwinkel entfernt liegt. Daher entstehen am äußeren Augenwinkel besonders zahlreiche Falten, welche senkrecht zur Faserrichtung des Orbikularis, also radiär zum Augenwinkel verlaufen (Abb. 383; sie werden außen vom unteren Lid auch durch den Zygomatikus erzeugt: „Krähenfüße", S. 786).

Aus dem kreisförmigen Verlauf brechen oberflächliche Fasern oberhalb des oberen Lides aus, welche zum Augenbrauenkopf ziehen, M. depressor supercilii (Abb. 375). Sie haben zwar einen besonderen Ursprung zu oberst am Frontale (Abb. 370), man kann sie aber noch zum Orbikularis rechnen, da sie allmählich in die kreisförmigen Züge übergehen und meistens nur künstlich gegen sie isoliert werden können. Die Wirkung auf den Kopf der Augenbraue ist unabhängig vom Orbikularis im ganzen. Der Depressor zieht den Brauenkopf abwärts. Auf die übrige Braue kann die Pars orbitalis einen ähnlichen Einfluß nicht ausüben, weil die Muskelfasern schräg zu ihr stehen. M. depressor supercilii.

Die Form der Augenbraue im ruhenden Gesicht ist abhängig vom Tonus des Depressor supercilii und des Frontalis. Meist sorgt ersterer dafür, daß der Brauenkopf tiefer steht; die übrige Braue ist durch die Gegenwirkung des Frontalis leicht gehoben (Abb. 393). Gleichmäßig geschwungene Brauenbögen sind selten. In der Kunst werden sie meist bevorzugt: „ein Halbmond fein gemacht wie mit der Feder" (Shakespeare). Die Kosmetik sucht hier mit künstlichen Mitteln die Natur mit Vorliebe zu korrigieren. Durch das Gegenspiel des Orbikularis (speziell des Depressor supercilii) und des Frontalis werden die Augenbrauen bald über den Orbitalrand gegen die Nasenwurzel konvergierend hinab-, bald über den knöchernen Bogen auf die Stirnfläche hinaufgeschoben. Der Gesichtsausdruck wird dadurch sehr stark beeinflußt, aber nicht durch diese Muskeln allein, sondern in Gesellschaft mit anderen (Procerus, Korrugator, siehe diese). — Auch die Stellung der Haare der Augenbraue (Abb. 393) ist bis ins einzelne durch die Muskelinsertionen des Depressor supercilii reguliert. Die Haare des Brauenkopfes wachsen wie aus der Augenhöhle heraus nach oben, ganz in der Richtung der nach oben divergierenden Fasern des Depressor. Sie schmiegen sich mit ihren Enden dem weiteren Verlauf der Augenbraue an. Die auswärts vom Brauenkopf wachsenden Haare bestehen aus 2 Gruppen, einer unteren, deren Enden nach oben und außen gerichtet sind, und einer oberen, deren Enden nach unten und außen schauen. Die Enden neigen sich einander zu und formen einen Grat an der Grenze des Orbikularis und Frontalis; die Form der Grenze ist an der Haarrichtung außen auf der Haut kenntlich. Noch weiter auswärts, wo nur der Orbikularis unter der Augenbraue liegt, sind die Haare spärlicher und nur nach einer Richtung gewendet (Enden schräg nach außen oben). Es kann der Depressor medianwärts über den Procerus nasi herübergreifen und mit seinem Partner zu einem M. transversus glabellae vereinigt sein. Auch die Brauen vereinigen sich in seltenen Fällen zu einer Haarbrücke quer über der Nasenwurzel. — Die Orbitalisplatte ist so dünn, daß die Form des Jochbeines durch sie hindurch das Relief der Haut beherrscht. Bei den meisten Gesichtern hat ein Dreieck außen vom Auge entsprechend dem Processus frontalis des Backenknochens helleren Glanz als die übrige Haut (Abb. 393, nicht bezeichnet). Viele Maler haben diese Stelle gut beobachtet und hervorgehoben, weil sie sich höchst belebend zwischen Schläfe und Wange schiebt.



Abb. 383. Hautfalten bei Kontraktion des M. orbicularis oculi, corrugator und frontalis, Blendung durch intensives Sonnenlicht (Photo von Dr. Straub).

Die Pars palpebralis, der Lidteil des Muskels, deckt als dünne Lage feinster Muskelfasern die Bindegewebsplatte je des oberen und unteren Lides, Tarsus, und reicht auf dem Konjunktivalsack bis zu dessen Umschlagsstelle (Fornix). Die äußere Haut der Lider ist seidenpapierdünn, so daß beim Präparieren große Vorsicht nötig ist, um nicht gleich mit ihr den Muskel zu entfernen. Die Muskelfasern entspringen am Knochen neben und an der Vorderwand des Tränensackes und am Ligamentum palpebrale mediale, welches die Tarsalplatten am Knochen befestigt (Abb. 369, 370). Sie vereinigen sich am äußeren Augenwinkel in einer sehnigen Raphe palpebralis lateralis, welche in der Fortsetzung der Lidspalte liegt. Der Lidschlag wird durch die Kontraktion Pars palpebralis

der Muskeln so bewerkstelligt, daß das obere Lid gesenkt und das untere Lid gehoben wird, wenn sich die Muskelbogen abflachen, welche über die Tarsalplatten hinweggespannt und mit ihnen bindegewebig verlötet sind (Abb. 375). Beim oberen Lid ist die Bewegung nach unten der Wirkung der Schwere gleichgerichtet und kann deshalb durch letztere allein ausgeführt werden (Zufallen der Augen beim Einnicken). Das Öffnen des oberen Lides besorgt ein ganz anderer Muskel, M. levator palpebrae superioris, der innerhalb der Augenhöhle liegt und seiner Herkunft nach zu den Muskeln des Augapfels gehört (Bd. III). Beim unteren Lid ist der Orbikularis der einzige Faktor für den Lidschluß. Das geht besonders deutlich aus den Symptomen der Fazialislähmung hervor. Solche Kranke können das Auge auf der gelähmten Seite nicht schließen (Lagophthalmus, Hasenauge).

Die Pars lacrimalis, Hornerscher Muskel, ist ein Abschnitt der Pars palpebralis, welcher hauptsächlich hinter dem Tränensack an dessen Wand und am Tränenbein entspringt (Abb. 369, 370). Die Fasern überkreuzen sich untereinander und mit den Fasern des Palpebralis, bis sie den Lidrändern zunächst liegen. Man nennt ihre Fortsetzung, welche sich um die Ausführgänge der Meibomschen Drüsen und die Haarbälge der Wimpern legen: M. ciliaris (Riolani). Man findet den Hornerschen Muskel am leichtesten, wenn man, wie oben beschrieben ist, den ganzen Orbikularis medianwärts umklappt und den Muskel von der Innenfläche aus freilegt. Über die Bedeutung für den Abfluß der Tränenflüssigkeit siehe: Sehorgan (Bd. III). Dort auch Näheres über die Stütz- und Bandapparate der Lider.

Doppelter Lidverschluß

Beim Lidschlag benutzen wir den Palpebralis allein und vertreiben damit die Tränenflüssigkeit über die Oberfläche des Augapfels, um mittels gleichmäßiger Befeuchtung schädigende Reize durch Staub, Licht u. dgl. zu mäßigen. Bei festem aktivem Lidschluß dagegen wird durch die Pars orbitalis ein doppelter Verschluß vor das Auge gelegt, da sich die Haut von oben und unten über die Lider schiebt, je mehr, je stärker wir die Augen zukneifen. Die Haut wird von der Stirn abwärts gezogen und die Stirn selbst geglättet. Der Doppelverschluß ist ein Schutz gegen äußere Einwirkungen, wie Gewalt, grelles Sonnenlicht usw. Wie der Augenarzt einen Druckverband auf das entzündete Auge legt, um den Überdruck der Blutkongestion des Sehorgans zu mäßigen, so kneifen wir bei seelischen Gemütserregungen und körperlichen Anstrengungen, welche das Blut zum Kopf treiben (bei heftigem Lachen, Weinen, Schreien, Schneuzen, auch bei hartem Stuhlgang) den Orbikularis zusammen und legen dadurch eine natürliche Kompresse auf das feinste und empfindlichste Sinnesorgan, das wir besitzen. Versagt dieser Schutzmechanismus, wie oft bei Keuchhustenkindern, bei denen die Hustenexplosionen so heftig und krampfartig erfolgen, daß der Verschluß ungenügend ist, so nimmt in der Tat das Auge Schaden durch Blutaustritt unter die weiße Bindehaut, durch ödematöse Schwellungen der Augenlider, sogar durch Exophthalmus (Vorquellen des Augapfels nach vorn aus der Augenhöhle infolge Zerreißung tief gelegener Blutgefäße). Die Beteiligung des Orbikularis an der Mimik ist sehr weitgehend, aber nicht spezifisch für bestimmte Arten des Ausdruckes.

Innervation: Rr. temporales und Rr. zygomatici (VII) treten vom äußeren Rand an die Unterfläche des Muskels. Die Lidschlag- und Lidschlußnerven sind zwar anatomisch nicht unterscheidbar, aber sicher gesondert; denn beide können unabhängig voneinander gelähmt sein. Blutzufuhr: A. maxillaris ext., A. temporalis (R. frontalis und A. transversa faciei), A. supraorbitalis (aus A. ophthalmica), A. infraorbitalis (aus A. maxill. int.).

M. procerus (Tab. S. 743, Nr. 21), Abb. 369, 375

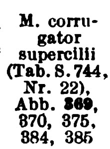
Musculus procerus. Der Muskel hat einen festen Ursprungspunkt auf dem Nasenrücken, sei es, daß er am Nasenbein selbst entspringt, sei es, daß er mit der Aponeurose der Pars transversa des Nasalis über dem Rücken der knorpligen Nase verschmolzen ist. Oft ist beides der Fall. Er läuft in vertikaler Richtung gegen die Stirn in die Höhe (Abb. 369, 375), ist bei manchen

Menschen so breit, daß die Haut der Nasenwurzel breiter ausladet als der Knochen, und breitet sich manchmal ein wenig fächerförmig auf der Glabella aus, um an der Haut der unteren Stirnhälfte zu inserieren. Wegen dieser Form wird er auch M. pyramidalis genannt. Er ist oft rechts und links sehr verschieden groß und mit dem Partner nicht selten zu einer Platte vereinigt; er fehlt fast niemals. Das Feld, welches beide Partner einnehmen, entspricht etwa der glatten Stelle der Haut über und oberhalb der Nasenwurzel, welches beim Stirnrunzeln nicht mittut. Da der Procerus, auch wenn er nicht kontrahiert ist, die Haut der Glabella mit dem Nasenrücken wie ein Zügel verbindet, so werden die Stirnfurchen in der Mitte der Stirn durch ihn passiv zurückgehalten, d. h. abwärts eingebogen, und zwar um so mehr, je stärker sie seitlich emporsteigen (Abb. 398d). Wirkt der Muskel aktiv, so erzeugt er eine oder mehrere scharfe Querfalten auf der Nasenwurzel (Abb. 384). Sie sind meistens mit dem Zusammenziehen der Augenbrauen vergesellschaftet (siehe den folgenden Muskel). Der Gesichtsausdruck erhält durch die Kombination etwas Drohendaggressives.


Abb. 384. Querfalten der Nasenwurzel. Paralytiker, Stadium des Größenwahns (Photo von Dr. Straub).

Der Procerus stammt aus der Pars angularis des Quadr. l. sup. und steht fast regelmäßig mit den Fasern, welche zum Nasenflügel gehen (Levator alae nasi), in primitiver Verbindung. Sehnige Zusammenhänge mit dem Frontalis scheinen immer zu bestehen. Doch ist der Muskel nicht etwa die Fortsetzung des Stirnmuskels nach der Nase. Beide haben genetisch nichts miteinander zu tun und wirken auch entgegengesetzt: der Frontalis rafft die Haut der Stirn nach oben, der Procerus nach unten. Letzterer bedeckt den Ursprungsteil des Corrugator supercilii (Abb. 369). Der Procerus selbst wird vom Depressor supercilii teilweise bedeckt oder er durchflicht ihn (Abb. 375).

Innervation: Ästchen des Fazialis (VII), welche unter dem Orbikularis herauskommen. Blutzufuhr: A. angularis aus A. max. externa, A. ethmoidalis ant. aus A. ophthalmica.


M. corrugator supercilii (Tab. S. 744, Nr. 22), Abb. 369, 370, 375, 384, 385

Musculus corrugator supercilii. Der Augenbrauenrunzler ist ein kräftiger, kurzer, zum Procerus fast senkrecht stehender Muskel in der Tiefe der Brauengegend. Er liegt zum Teil vor der Öffnung der Augenhöhle, zum Teil auf dem Knochen und zutiefst im Orbikularis, von dem er abstammt. Vom Ursprung am Stirnbein (Abb. 370) zieht er schräg zur Haut der Augenbrauenmitte (Abb. 369) und bedeckt auf diesem Wege eine glatte Stelle des Knochens, auf welcher er hin- und herschleift, wenn er die Braue bewegt (Facies corrugatoria). Bei kräftiger Ausbildung entspringt er von diesem Felde, ja der Ursprung kann über die Incisura supraorbitalis lateralwärts hinausreichen. Andrerseits kann er mit dem Partner in der Medianlinie sehnig verschmolzen sein. Er durchbricht auf seinem Wege zur Augenbraue den Frontalis. Er fehlt selten.

Beide Augenbrauenrunzler wirken immer gemeinsam und nähern aktiv die Brauen mit den Brauenköpfen einander, wie man die beiden Flügel einer Gardine zusammenziehen, aber dabei an jeder beliebigen Stelle Halt machen kann. Die Haut staut sich über dem Auge, quillt vor- und abwärts, besonders bei der zarten, verschieblichen Haut der Kinder (Abb. 385). Die Augenbraue selbst läßt sich nicht runzeln, nur wird die Braue oft in der Mitte ein wenig vertieft, weil dort die Insertion angreift. Senkrechte Falten über der Nasenwurzel sind für die krampfhafte Tätigkeit der Korrugatoren sehr charakteristisch. Sie treten oft zusammen mit kurzen horizontalen Falten auf der Mitte der Stirn auf, welche durch den M. frontalis bedingt sind, und können mit

diesen ein T oder ∩ bilden (Hufeisenfalten). Manche Menschen vermögen sie willkürlich hervorzubringen. Sie entstehen automatisch beim Sehen in die grelle Sonne (Abb. 383). Der Korrugator schützt dabei das Auge gegen Lichteinfall durch Vorwölbung der Braue wie durch eine Verlängerung des knöchernen Augendaches nach außen und unten. Der Frontalis hebt dagegen das Schutzdach so weit in die Höhe, daß der Blick eben noch freibleibt. Er zieht denjenigen Teil der Stirnhaut zu Horizontalfalten in die Höhe, welcher zwischen den Korrugatores liegt, da diese die Haut an dieser Stelle schlaff machen, so daß sie leichter als die übrige Stirnhaut reagiert (s. auch Frontalis).



Abb. 385. Wirkung des M. corrugator supercilii beim Kind (nach Krukenberg, Der Gesichtsausdruck des Menschen).

Diese Kombination ist erst im Anschluß an die aufrechte Körperhaltung entstanden; niedere Menschenrassen vermögen die Brauen zu heben und zu senken, sollen aber unvermögend sein, sie zusammenzuziehen. Beim Europäer tritt die Kombination des Korrugator und Frontalis mimisch besonders im Ausdruck der Aufmerksamkeit und der tief innerlichen, im Geistigen verankerten und gedämpften Trauer hervor (Christuskopf). Senkrechte Falten allein symbolisieren tiefes Nachdenken (Denkerstirn, Abb. 398e). — Die Kombination: Korrugator + Procerus ist schon bei letzterem erwähnt (Abb. 384). — Der Dreimuskelkomplex: Orbikularis, Korrugator und Procerus ist der Schützer des Auges, da die Haut um so mehr über die Lidspalte zusammengebauscht wird, je mehr die drei Muskeln zusammenwirken.

Innervation: Ästchen des vorderen Ramus temporalis (VII), welche oberhalb der Lidspalte unter den Orbikularis treten, erreichen ihn. Blutzufuhr: A. angularis (aus A. max. ext. und ophthalmica), R. frontalis (aus A. temporalis), A. supraorbitalis (aus A. ophthalmica).

M. frontalis (Tab. S. 744, Nr. 23), Abb. 99, 370, 375

Musculus frontalis. Der Stirnmuskel reicht als dünne Fleischplatte auf jeder Seite der Stirn vom Brauenkopf bis zum Anfang der Linea temporalis superior. Er besteht aus senkrecht aufsteigenden Fasern (Abb. 375). Skelettanheftungen gibt es meistens nicht, aber gewöhnlich sind einige von den Muskelfasern, welche im allgemeinen an der Haut der Braue entspringen, so dicht mit Fasern des Orbikularis, Korrugator und Depressor durchflochten oder mit ihnen durch Schaltsehnen verbunden, daß sie indirekt am inneren Augenwinkel Posto fassen (Abb. 370). Auch sehnige Verbindungen mit dem Procerus sind nichts Seltenes. Unter den oberflächlichen Zügen gibt es kürzere tiefe Fasern, welche staffelförmig von aponeurotischen Bindegewebszügen auf der Unterfläche des Frontalis entspringen. Das nach dem Scheitel zu gewendete Ende des Muskels inseriert an der Galea aponeurotica, einer platten Sehnenhaube, welche dem Schädeldach eng anliegt, aber gegen das Periost des Knochens durch lockeres Bindegewebe scharf abgesetzt und regelmäßig passiv, in Ausnahmefällen auch aktiv verschieblich ist. Die „Kopfschwarte“ besteht aus Haut samt Galea; beide hängen fest zusammen, sind aber gegen den Schädel leicht ablösbar (Skalp der Indianer). Ich sah bei einem Skiunglück, wie die Spitze des Schneeschuhs, welche unter die Kopfschwarte gedrungen war, diese vom Schädel des Verunglückten wie die Schale einer Mandarine abschälte. Bei der pathologischen Sektion wird die Kopfschwarte zurückgeklappt, um den Schädel öffnen zu können.

Galea und M. epicranius

Affen, welche die Kopfhaut sehr ausgiebig aktiv bewegen und damit ganz vornehmlich den ausdrucksvollen Wechsel ihrer Gesichtszüge bestreiten, bewegen die Haare auf der Galea durch den Frontalis nach vorn und durch den Okzipitalis nach hinten. Letzterer setzt vom Hinterkopf aus geradeso an der Galea an wie vorn der Frontalis. Man faßt deshalb beide auch als M. epi-

cranius zusammen und bezeichnet die Galea als Zwischensehne dieses doppelköpfigen Muskels. Es gibt Menschen, welche die Haare mit dem Frontalis ein wenig nach vorn und mit dem Okzipitalis wieder nach hinten ziehen. Zieht der eine nach seiner Richtung, so gibt der andere nach und umgekehrt. So haben beide in ihrer Vereinigung zum Epikranius eine harmonische Ehe geschlossen. Doch ist das Muskelspiel nur ein schwacher Abglanz der bei Menschenaffen so charakteristischen großen Ausschläge. Denn der Okzipitalis ist beim Menschen meistens infolge der enormen Vergrößerung des Schädeldaches nicht kräftig genug, um die Stirnhaut mittels der Galea über die Konvexität des Schädels hinweg anzuheben. Daher ist der Frontalis funktionell an seine Stelle getreten. Die Galea dient als Punctum fixum. Sie ist meistens so weit fest über den Schädel gespannt, daß sie dem Spiel des Frontalis Widerpart halten kann. Was etwa an Festigkeit fehlt, wird durch den Zug des Okzipitalis ergänzt. Der Frontalis hebt nun von der Galea aus die Brauen in die Höhe, bewegt sie also nach hinten — gerade umgekehrt wie bei Affen — und legt die Stirnhaut in horizontale Falten (Abb. 398d). Entlang den Augenbrauenbögen beschreiben die Falten infolge des Zuges des Frontalis nach oben und infolge des Haltes durch den Procerus nach unten konzentrische Bögen, die besonders deutlich sind, wenn — wie oft bei einseitiger Innervation — nur die Hälfte der Stirn allein oder vorwiegend gefurcht ist (Abb. 398f).

Diejenigen Individuen, welche die Kopfschwarte nach vorn zu ziehen vermögen, scheinen dies nicht wie die Affen mit dem Frontalis, sondern mehr mit dem Orbikularis, Depressor supercilii und Procerus jederseits zu bewerkstelligen. Es gibt daher keine Stirnfalten in diesem Falle.

Der Frontalis ist so der eigentliche und meistens einzige „Stirnrunzler“ des Menschen geworden und dadurch der Antagonist des Dreimuskelkomplexes: Orbikularis, Korrugator, Procerus. Während letzterer die Augenbrauen abwärts bewegt, so daß sie das Auge überschatten oder verdecken, erweitert der Frontalis für sich allein das Augendach, so daß der Augapfel Licht bekommt und stärker glänzt. Der Ausdruck der Aufmerksamkeit (Aufblicken, Aufhorchen, Fragen, Erstaunen) ist ganz wesentlich durch ihn und das von ihm bedingte Linienspiel der Stirn veranlaßt, das einseitig oft besonders eindringlich wirkt (Abb. 398f). Er gibt dem freudestrahlenden Gesicht die offenen glänzenden Augen. Bei jüngeren Mädchen und Frauen können die Hautfalten ganz fehlen, die gehobenen Augenbrauen sind dann das einzige Ausdrucksmittel der Stirnmuskeln. Der Levator palpebrae, welcher beim Einschlafen, besonders im Rausch, oft schon früh versagt, kann teilweise durch den Frontalis ersetzt werden. Bekannt ist das verzweifelte Emporziehen der Augenbrauen, mit welchem Angetrunkene versuchen, die „schweren“ Augenlider nachzuziehen, um die Augen offen zu halten. Alte Leute haben manchmal Dauerverkürzungen des lateralen Teiles der Stirnmuskeln und dadurch einen auffallend fragenden Gesichtsausdruck, ohne daß ihre Geistestätigkeit dem wirklich entspricht. Über das Zusammenspiel des Stirn- und Augenbrauenrunzlers siehe letzteren.

Muskel der Aufmerksamkeit

Die Stirnfalten sind je nach der Dicke der Haut individuell sehr verschieden, wenig zahlreich und grob oder sehr zahlreich und fein, durchlaufend oder unterteilt und miteinander verschränkt. Sie tragen viel zum individuellen Habitus eines Gesichtes bei, besonders wenn sie zu stationären Linien oder Furchen geworden sind.

Der Frontalis ist ein Abkömmling von Muskelzügen, welche ursprünglich horizontal vom Ohr zur Stirn ziehen, aber durch Vergrößerung des Schädeldaches so umgerichtet werden, daß sie steil zu stehen kommen. Reste der horizontalen Fasern sind nicht selten erhalten (Abb. 386). Aus der vorderen Partie der aufgerichteten Fasern wird der Frontalis, aus der hinteren der Auricularis superior (Tab. Nr. 25). Man kann die beiden Muskeln „Epicranius auriculofrontalis“ nennen, weil sie durch eine Sehnenplatte verbunden sind. Lockert sich diese primitive Verbindung,



so geht der Frontalis eine neue sehnige Vereinigung ein, wie z. B. im Digastricus mandibulae auch zwei heterogenetische Muskeln sehnig vereinigt sind. Das ist der Epikranius schlechthin, richtiger „Epicranius frontooccipitalis“. Der Okzipitalis geht aus Muskelzügen hinter dem Ohr hervor (siehe diesen). Der M. epicranius der Affen ist also nichts Primitives.

Die Galea aponeurotica ist zwischen Okzipitalis und Frontalis am stärksten ausgebildet. Sie setzt sich aber auch unter dem Frontalis als dünne aponeurotische Schicht bis zum Supraorbitalrand fort und reicht seitlich bis zum Jochbogen. Die Fascia temporalis liegt darunter (S. 761). Alle Durchtrennungen der Galea sind beim Lebenden gefährlich, z. B. bei Mensuren, weil Infektionen leicht unter der derben Haube weiterkriechen. Oberflächliche Wunden der Kopfhaut klaffen nie, solange die Galea nicht verletzt ist. Auch eine stumpfe Gewalt kann Risse in der Galea erzeugen. Man erkennt daraus, wie straff die Haube über den Schädel gespannt ist. Sie platzt, wie ein straff gespannter Glacéhandschuh glattrandig reißen kann, wenn man heftig gegen die Fingerknöchel stößt; der Riß kann eine Schnittwunde vortäuschen. Das Schädeldach alter Leute pflegt unter dem Druck der Haube glatt und feinporig zu werden.

Bei kräftigen Stirnmuskeln fällt der obere Rand mit der Haargrenze zusammen, oder reicht höher hinauf. Bei Haarausfall („hohe“ Stirn) sieht man häufig durch die Haut den oberen Rand der beiden Stirnmuskeln hindurch. Nur schwache Frontales enden früher, oft schon in der Mitte der Stirn und sind dann äußerlich nicht sichtbar. Der obere Kontur ist gegen den Scheitel vorgewölbt. Die beiden konvexen Insertionslinien sind immer in der Medianlinie durch einen tiefen Einschnitt getrennt. Auf diesem mit der Spitze stirnwärts gewendeten Dreieck erhalten sich die Haare im allgemeinen länger als seitlich davon, wo der Muskel die Haut bewegt. Die quere Haargrenze bekommt deshalb beim beginnenden Kahlkopf zu beiden Seiten eckige Ausschnitte.

Innervation: Rr. temporales (VII) treten von der Seite her unter den Muskel und von dort in ihn ein. Das Muskelfleisch durchbohren die sensiblen Rr. supraorbitales und frontales (Va) mit gleichnamigen Gefäßen. Blutzufuhr: A. supraorbitalis und A. lacrimalis (aus A. carotis int.), R. frontalis der A. temporalis und R. angularis der A. max. ext. (aus A. carotis ext.).

4. Die mimischen Muskeln der Ohröffnung und des Hinterkopfes. Tabelle Nr. 24—28.

Mm. auriculares (Tab. S. 744, Nr. 24—27), Abb. 131, 335, 370, **375**, 386

Musculus auricularis anterior, superior, posterior und die Muskelrudimente der Ohrmuschel. Sämtliche Muskeln des Ohres sind beim Menschen Rudimente. Einzelne Individuen können willkürlich ein wenig die Ohrmuschel im ganzen durch die außerhalb der Ohrmuschel entspringenden drei Mm. auriculares bewegen. Die Form der Muschel kann jedoch weder durch diese noch durch die Reste von Muskeln, welche sich auf ihr selbst finden, verändert werden. Wie verschieblich ist dagegen das Organ im ganzen und wie beweglich ist es in seinen Teilen beim Lauschen eines Hundes mit „gespitzten“ Ohren! Wir brauchen für uns im übertragenen Sinn das Wort: „die Ohren spitzen“, können es aber körperlich nicht. Die Muskeln außerhalb des Ohres haben für die Spannung der Wangen- und Kopfhaut eine gewisse Bedeutung. Theoretisch sind sie vor allem interessant, weil sie auf der sonst verödeten Heerstraße liegen, welche einst die mimische Muskulatur auf ihrem Weg vom Hals zum Kopf genommen hat. Darauf sind viele individuelle Variationen zurückführbar.

Der M. auricularis anterior ist gewöhnlich sehr klein (Abb. 375). Er fehlt am häufigsten von den drei Mm. auriculares. Er liegt dicht über dem Jochbogen in einem etwas tieferen Niveau als der größere M. auric. superior. Zwischen beide schiebt sich gewöhnlich eine dünne Fettschicht und das Gefäßbündel der A. und V. temporalis superf.; doch kann auch der Muskelursprung nicht bis an die Gefäße heranreichen oder über den Gefäßen liegen und mit dem M. auric. sup. zusammenhängen. Die Insertion am Ohrknorpel ist teilweise von letzterem bedeckt. Der Muskel wird auch Attrahens genannt. Er bewegt aber die Ohrmuschel bei Individuen, welche überhaupt willkürlicher Bewegungen dieser Art fähig sind, nicht nur nach vorn, wie der Name sagt, sondern auch aufwärts. Daß er auch in

der Ruhe die Haut durch seinen Tonus beeinflussen kann, bezeugen feine Furchen vor dem Ohr, welche als frühe Alterserscheinungen auftreten, wenn der Muskel zu schrumpfen beginnt.

Bei Tieren gibt es einen kräftigen M. auriculofrontalis. Dieser Muskel entspricht dem Strom, welcher vom Ohr oberhalb der Augenhöhle nach vorn gewandert und beim Menschen im oberen Teil des Orbicularis oculi und im Frontalis erhalten ist. Gelegentlich kommen auch beim Menschen Reste zwischen Ohr und Orbita vor (Abb. 386). Der M. auric. anterior ist ein Relikt der untersten Partie dieses Stromes, zunächst dem Ohr, welches den Zusammenhang nach der Augenhöhle zu verloren hat. Gelegentliche atavistische Varianten nennt man M. temporoorbitalis und M. frontoorbitalis.

Der M. auricularis superior ist der ausgedehnteste Ohrmuskel (Abb. 375). Der fächerartig ausgebreitete Ursprung auf dem seitlichen Abhang der Galea aponeurotica konvergiert nach der Hinterwand der Ohrmuschel zu und inseriert sehnig am Ohrknorpel. Die Muskelfasern, welche teils aufgerichtet stehen, sind in diese Lage durch die Vergrößerung der Gehirnkapsel geraten. Der flache Bogen, welchen manchmal Reste beim Menschen noch andeuten (Abb. 386, 375), ist dadurch zum Spitzbogen erhöht worden und schließlich an der Spitze auseinandergerissen. Infolge der Steilheit der Fasern ist der M. superior wesentlich ein Attollens des Ohres, wie der alte Name sagt. Das Emporzucken ist die häufigste der individuell möglichen Ohrbewegungen. Gegen den hinteren Rand des Muskels zu sind ihm Bestandteile angeschmolzen, welche ihrer Innervation nach (siehe unten) von einem Muskelstrom herstammen, welcher direkt vom Hals aus hinter das Ohr gelangt ist. Von ihm leiten sich auch der M. auric. posterior und der M. occipitalis her.



Abb. 386. M. epicranius auriculofrontalis, Varietät. Die gestrichelte Verbindung des M. auricularis superior und M. frontalis von mir ergänzt. (Sonst nach Zeichnung von Bluntschli, Morph. Jahrb. 1909, S. 256.)

Der M. auricularis posterior zieht quer vom Ursprung an der Linea nuchae superior und an der Basis des Warzenfortsatzes (Abb. 335, 370) zur Hinterwand der Ohrmuschel (Abb. 375). Er liegt dicht unter der Haut, manchmal in einer kleinen vorspringenden Querfalte. Der Ursprung ist gewöhnlich zwei-, manchmal mehrzipfelig. Oft ist der Muskel sehr dürftig, fehlt jedoch kaum jemals. Er zieht weniger die Ohrmuschel nach rückwärts („Retrahens"), als näher an den Schädel heran. Bei seltenen atavistischen Varietäten steigt das Platysma ununterbrochen hinter dem Ohr in die Höhe und geht selbst an die Ohrmuschel. Zu den häufigen Varianten gehört der M. transversus nuchae, ein Ohrmuskel auf der Faszie des Trapezius oder Sternokleidomastoideus am Hinterkopf von sehr wechselnder Form und Lage (Abb. 375). Er steht mit dem Ursprung des M. auricul. post. meistens sehnig in Verbindung und ist ein Rest der Nackenanlage des Platysma (S. 749).

Die Muskelrudimente der Ohrmuschel (Abb. 375) unterscheiden sich von den vorigen dadurch, daß sie auf der Muschel selbst entspringen und inserieren. Sie liegen auf der Vorder- oder Hinterseite und sind individuell außerordentlich verschieden ausgebildet, oft bindegewebig degeneriert. Sie sind ursprünglich aus dem Platysma entstanden, aber völlig von ihm abgegliedert. Die einzelnen Muskeln sind beim Gehörorgan erwähnt (Bd. III).

Innervation: Die Muskeln vor dem Ohr, eingerechnet die vordere Hälfte des M. auric. sup., sind von Rr. temporales (VII) versorgt; die Muskeln hinter dem Ohr, eingerechnet die hintere Hälfte des M. auric. sup., werden vom R. auricularis posterior (VII) innerviert. Blutzufuhr: Vorn von der A. temporalis superfic., hinten von der A. auricularis posterior und A. occipitalis.

Musculus occipitalis. Der sehnige Ursprung an der Linea nuchae suprema reicht vom Warzenfortsatz bis fingerbreit neben die Protuberantia occipitalis externa (Abb. 335, 370); er liegt etwa ebenso weit oberhalb der Haargrenze, wie der Ursprung des Frontalis unterhalb der Haargrenze liegt. Das dünne, grobbündelige, rote Muskelfleisch hat Halbmondform und schaut mit der konvexen Seite nach dem Scheitel zu. Die Fasern inserieren an der Galea, neigen sich aber am vorderen Rand gegen die Ohrmuschel hin. Mit dieser sind sie durch die Galea immer sehnig verbunden, bei menschlichen Embryonen häufig und beim Orang immer auch fleischig. Genetisch gehören der M. auri-

M. occipitalis (Tab. S. 744, Nr. 28), Abb. 131. 335, 370, 375

cularis posterior, M. transversus nuchae (Var.) und der hintere Teil des M. auricularis superior mit dem Okzipitalis zusammen. Reste dieses Zusammenhanges kommen in Varietäten nicht selten vor. Eine aktive Wirkung auf das Ohr ist beim Menschen nie, die willkürliche Bewegung der Kopfhaut nach hinten nur bei einzelnen Individuen möglich. Doch hilft der Muskel durch seinen Tonus, seltener durch Kontraktion, die Galea auf dem Schädeldach fixieren, so daß sie für den Stirnmuskel der feste Punkt ist, von dem aus er die Brauen heben und die Stirnhaut fälteln kann.

Innervation: Der R. occipitalis (VII) geht häufig durch den M. auric. post. hindurch und versorgt ihn mit einem Seitenzweig, R. auricularis posterior. Blutzufuhr: A. occipitalis und A. auricularis post. aus A. maxill. externa.

IV. Kopf und Hals als Ganzes in Ruhe und Bewegung.

Kopf und Hals als Ganzes kommen hier nur insofern in Frage, als sie der Sitz und Angriffspunkt von Bewegungen und Haltungen des Skeletts und seiner Muskulatur sind. Die im Kopf und Hals eingeschlossenen Eingeweide, Sinnesorgane und Zentralorgane des Nervensystems (Gehirn, Rückenmark) werden an anderer Stelle behandelt. Hier genügt es, die Existenz dieser Einschlüsse in den vom Bewegungsapparat geschaffenen Umhüllungen und Kapseln zu berücksichtigen, um die Analyse des Ganzen zu vollenden. Auf die zahlreichen grundlegenden Korrelationen zwischen Schädel und Gehirn, Schädel und Sinnesorganen u. v. a. m., welche in den vorhergehenden Kapiteln berücksichtigt wurden, soll nicht zurückgegriffen werden. Jedoch ist jetzt, wo das Skelett und die Muskulatur des Kopfes und Halses als bekannt vorausgesetzt wird, zusammenfassend darzustellen, wie aktive und passive Faktoren ineinandergreifen, um zusammen eine einheitliche Form für den Kopf und Hals im ganzen und in den einzelnen Teilen, in der Ruhe und in der Bewegung zu bilden, und welche allgemein biologischen Prinzipien sich aus der Analyse ergeben.

1. Kopf- und Schädelformen.

Rassenverschiedenheiten

Der Kopf als Ganzes ist Objekt der Bewegung. Die Rückenmuskeln und Halsmuskeln arbeiten zusammen, um ihn auf der Spitze der Wirbelsäule zu tragen und verschieden zu richten. Die Drehgelenke zwischen Schädel und Atlas, Atlas und Epistropheus, aber auch die übrigen Halswirbelgelenke führen und hemmen diese Bewegungen und Haltungen (S. 117—122, 133—138). Solche Einflüsse, welche den Kopf von außen treffen, haben zusammen mit den von den Muskeln des Kopfes selbst ausgehenden modellierenden Faktoren und mit den Mitteln, mit welchen der nötige Platz für die Einschlüsse der Höhlen und Räume zwischen den Teilen des Bewegungsapparates geschaffen und freigehalten wird, die Form des Kopfes ursprünglich hervorgerufen. Die harte Stütze, der Schädel selbst, ist in hohem Grade deformierbar, wie die künstlichen Methoden wilder Völker (Abb. 387), aber auch die Sitte zivilisierter Nationen, durch die Tracht und die Art des Kopfkissens den Kopf des Kindes zu beeinflussen, beweisen (S. 740). Aber im wesentlichen wird die Kopfform des einzelnen Individuums nicht in seiner persönlichen Entwicklung determiniert, sondern sie ist erblich festgelegt und bereits in den Proportionen des knorpligen Primordialkranium des Fötus nachgewiesen. Sie ist nur in Kleinigkeiten im individuellen Leben änderbar. Das geht am deutlichsten aus der Tatsache der Rassenverschiedenheit der Kopf- und Schädelform hervor, welche nur durch Erblichkeit bestimmter Typen zustande kommen konnte. Lang- und Kurzköpfe sind auch die dem Laien bekannten Extreme, welche der Kopfform auf den ersten

Blick einen ganz bestimmten Typus verleihen und für den ganzen Habitus eines Menschen große Bedeutung haben (Abb. 388).

Man bestimmt die Kopfform nach den Schädelmassen. Die größte Schädelbreite wird in Prozenten der Schädellänge ausgedrückt, Längenbreitenindex. Ist die Breite zwischen 75—80% der Länge, so hat der Schädel keinen ausgesprochenen Typus, er ist mesozephal. Beträgt sie weniger als 75% der Länge, so nennt man ihn Langschädel, dolichozephal (bei weniger als 70% hyperdolichozephal). Steigt sie über 80% der Länge, so heißt er Kurzschädel, brachyzephal (bei mehr als 85% hyperbrachyzephal, Rundschädel). Es gibt Völker, bei welchen 85—90% der Individuen dolichozephal sind (Eskimos), andere, welche in ebenso hohem Grade brachyzephal sind (Schweizer Urbevölkerung).

a b

Abb. 387. Künstliche Deformierung des Kopfes. a) Schädel eines Flathead-Indianers, Photo (Anthrop. Sammlung, Heidelberg). b) Einrichtung zur Abplattung des Schädels beim Kinde (Zeichnung von Th. Mollison).

Kann also kein Zweifel sein, daß die Kopfform zu den Rassenmerkmalen gehört und erblich ist, so ist doch keineswegs etwa der dolichozephale Schädel das Merkmal einer einzigen Rasse. Man findet vielmehr diesen Typus bei sehr differenten Gruppen von Völkern; außer bei den bereits genannten Eskimos kommt er auch sonst bei den nordischen Völkern vor, außerdem aber bei den ganz entfernt wohnenden Negern, Hottentotten und Australiern. Ebensowenig ist bei der Meso- und Brachyzephalie an einen einheitlichen Typus zu denken. Man benutzt die genannten Ausdrücke wie etwa in der Botanik für die Form von Blättern die Bezeichnungen „rund“ und „eiförmig“ üblich sind. Ebensowenig wie alle Pflanzen mit eiförmigen Blättern einander verwandt sind oder gar einander genetisch nahe stehen, ebensowenig die dolichozephalen Menschenrassen.

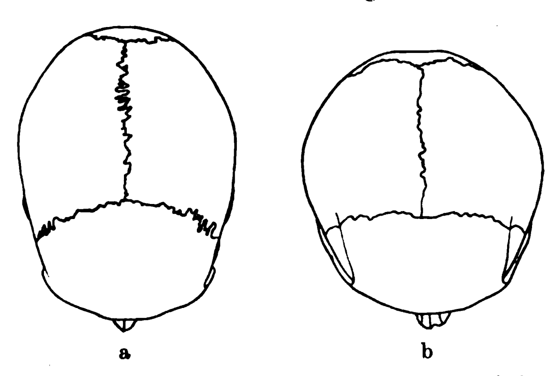


Abb. 388. Extreme Schädelformen. a) Langschädel. b) Rundschädel (Aufnahmen von Th. Mollison).

Unter Rassen mit dolicho- oder mit brachyzephalen Schädeln neigt immer eine Anzahl von Individuen nach dem anderen Typus hin. Diese für sich allein betrachtet, können in den Variationsumfang des anderen Typus hineinfallen. So laufen bei manchen Völkern individuelle und Rassenmerkmale untrennbar durcheinander, besonders bei wenig abgeschlossenen Nationen mit starker Völkermischung.

Die absoluten Maße eines Schädels können sehr verschieden von einem anderen Exemplar mit gleichem Index sein und umgekehrt können absolute Maße von Schädeln mit verschiedenem Index gleich sein. So kann z. B. ein Wasserkopf, welcher immer annähernd kugelig ist — hyperbrachyzephal — ein so hohes Längenmaß haben, daß es absolut der Längsachse eines typischen Langkopfes gleich ist. Den relativen Indexwerten können eben sehr verschiedene Ursachen zugrunde liegen. Die Indexzahl hat deshalb für Rassenprobleme nur den Wert einer oberflächlichen Orientierung. Die Analyse des Schädels und Kopfes wird sich immer an eindeutigere Merkmale halten können, um eine zuverlässige Systematik aufzustellen. Das ist Sache der Kraniologie, eines Gebietes der Anthropologie,

welche auch die Methoden der Schädelmessung, **Kraniometrie**, lehrt (siehe die einschlägigen Lehrbücher). Neben dem Längenbreitenindex gibt es noch eine Unzahl anderer metrischer Bestimmungen und Vergleichszahlen (Verhältnis der Länge zur Höhe, Verhältnisgrößen der Einzelregionen z. B. der Stirn zu den Hauptdimensionen u. v. a. m.).

Es ist versucht worden, die Indexzahlen durch von ihnen ganz unabhängige, wirklich genetische Typen zu ersetzen. Der Ausgangspunkt ist die Form des Gehirns, dessen Teile bald mehr in Stockwerken übereinander gebaut sind, bald mehr hintereinander liegen (siehe kraniozerebrale Topographie, Bd. III). Dementsprechend ist der Schädel entweder hoch und kurz, mehr nach vorn entwickelt, oder niedrig und lang, mehr nach hinten ausgebaut, **fronto- und okzipitopetaler Typus**. Niedere Rassen (Ozeanier, Afrikaner) haben im allgemeinen den ersteren, höhere Rassen (Europäer) den letzteren. Doch kommen bei Europäern als individuelle Variation beide Typen vor. Es ist viel darüber diskutiert, aber bisher nicht entschieden worden, an welcher Stelle des Schädels der variable Faktor lokalisiert sei, d. h. ob etwa das Schädeldach oder einzelne Knochen (Okzipitale, Temporale) oder, wie neuerdings behauptet wird, die Schädelbasis als Angriffspunkt der kausalen Momente zu gelten habe und wie im Anschluß an solche lokalen Veränderungen die Gesamtform sich ändere.

Alters- und Geschlechtsverschiedenheiten

Die Alters- und Geschlechtsverschiedenheiten der Kopfform sind beträchtlich und bringen ein weiteres verwirrendes Moment in die zahlreichen individuellen und Rassenunterschiede des Schädels. Es gibt bei ihm keine Zeit völliger Ruhe. Denn ehe an allen Stellen die definitive Form erreicht ist, hat an manchen bereits die Zerstörung durch das Alter begonnen (Seneszenz). Beim kindlichen Schädel prominieren die Stirn- und Scheitelhöcker sehr stark, so daß der Schädel in der Ansicht von oben fünfeckig aussieht (Abb. 362 a). Der Längenbreitenindex nimmt schon früh seinen endgültigen Wert an (vom 1. Lebensjahr ab), aber die absoluten Maße und Einzelheiten der Form ändern sich noch beträchtlich. Besonders die Höhe des Gesichtsskelettes und damit die Gesichtsproportion ist beim Kind (Abb. 362 b) sehr verschieden vom Erwachsenen. Das beruht vor allem auf der Verschiedenheit der Milchzähne, welche anfänglich wurzellos sind und deshalb nicht viel Platz im Kiefer beanspruchen, von den bleibenden Zähnen mit ihren langen Wurzeln und tiefen Alveolen. Damit steht die Zunahme der Kaumuskulatur und die Profilierung des Schädels in Korrelation, soweit sie zu den Kaumuskeln gehört. Die ersten Alterserscheinungen sind die Nahtverschlüsse, die bereits im 20.—30. Lebensjahr beginnen können. Beim Greis ist wieder wegen des Zahnschwundes das Gesicht am stärksten verändert (Abb. 389). Das Schädeldach wird flacher, weil die Diploe schwindet. Bei den Geschlechtsunterschieden zwischen männlichem und weiblichem Schädel, welche in der Kopfform hervortreten, handelt es sich immer um ein Mehr oder Weniger des gleichen, bei beiden Geschlechtern vorhandenen Merkmales, nicht um qualitative Unterschiede (wie etwa die Knochenkämme der Männchen bei manchen Menschenaffen). Deshalb kann man die Geschlechtsdiagnose nach dem Schädel allein nur stellen, wenn mehrere Merkmale übereinstimmend positiv sind. Beispielsweise ist das männliche Gebiß stärker, der aufsteigende Unterkieferast steht steiler, der Zahnbogen ist breiter und runder, die Nase ist schärfer modelliert, das Kinn, die Backenknochen, die Glabella und der Superziliarbogen sind stärker ausgebildet als bei der Frau. Der weibliche Schädel neigt in der Regel zu mehr kindlichen und atavistischen Merkmalen. Zu ersteren gehören die prominenten Stirn- und Scheitelhöcker, die größeren Augenhöhlen und kleineren Highmorshöhlen, zu letzteren die Häufigkeit der Prognathie bei der Frau.



Abb. 389. Greisenprofil (nach Schadow). Wegen des Zahnverlustes und Schwundes der Alveolarfortsätze kann der Unterkiefer stärker gehoben werden als bei erhaltenen Zähnen. Das Kinn springt entsprechend über die Stirnvertikale vor.

Die Kopfform läßt sich auch durch die Kapazität des Schädels charakterisieren. Das ist nur eine andere Art, dieselbe Sache zu bezeichnen. Die Kapazität, d. h. das Volumen des Hohlraumes, welcher vom Gehirn und von den Gehirnhäuten erfüllt ist, steht in so enger Korrelation zu den Außenmaßen des Schädeldaches, daß man sie beim Lebenden aus letzteren annähernd genau berechnen kann. Sicherer ist natürlich die unmittelbare Feststellung an der Leiche. Das Mittel für Europäer beträgt rund 1450 ccm beim Mann und 1300 ccm bei der Frau. Der Unterschied beruht auf der durchschnittlich geringeren Körpergröße und dem grazileren Bau des Weibes überhaupt. Man kann wohl aus der Kapazität auf die Größe des Gehirns schließen, aber nicht auf die Menge seiner grauen Substanz (Hirnrinde), welche allgemein als das maßgebende Substrat für geistige Veranlagungen angesehen wird. Ein kleines Gehirn kann durch starke Furchung und durch große Tiefe der Furchen relativ viel graue Rinde haben. Unter den Schädeln berühmter Männer hat beispielsweise der echte Schädel Schillers eine auffallend niedrige Kapazität (FRORIEP). Werte gegen 1000 ccm nach unten und gegen 2000 ccm nach oben sind nicht mehr normal. Die geringsten abnormen Werte findet man bei Mikrozephalen (bis 400 ccm) und die höchsten bei Wasserköpfen (Kephalonen, Hydrozephalie). Kurzschädel haben unter sonst gleichen Bedingungen mehr Raum für das Gehirn als Langschädel. Vielleicht hängt damit zusammen, daß die Entwicklungsrichtung der höheren Rassen des Menschengeschlechts auf Kurzköpfigkeit gestellt zu sein scheint. Wenigstens ist in vielen Gegenden, in welchen nach den Gräberfunden früher Langköpfe saßen, die Brachyzephalie im Vordringen oder im Übergewicht.

Kapazität des Schädels

2. Form des Gesichtes und seiner Teile.

Gesichtsform im ganzen

Die Form und die Proportionen des Gesichts sind wie die ganze Kopfform im wesentlichen durch das Knochengerüst bestimmt. Man kann, da die durchschnittliche Dicke der Weichteile für die einzelnen Stellen des Gesichtes an der Leiche festgestellt worden ist, durch einen entsprechend dicken künstlichen Auftrag auf einen Schädel ungefähr die Totenmaske rekonstruieren. Auf diese ist der vermutliche Schädel von Kant mit der notorischen Totenmaske identifiziert und umgekehrt nachgewiesen worden, daß der vermeintliche Schädel Schillers der Totenmaske nicht entspricht (WELKER), endlich der echte Schädel gefunden worden (FRORIEP). Für das lebende Gesicht kommen allerdings eine Menge von Spannungszuständen der Gewebe, besonders der Glanz und Turgor des Augapfels, die individuelle Länge, Farbe und Tracht der Haare hinzu, welche es außerordentlich verschieden von der Leiche erscheinen lassen, so daß manchmal nahe Angehörige eine Leiche kurze Zeit nach dem Tode nicht mehr zu identifizieren vermögen, am wenigsten, wenn alle Haare rasiert sind.

Besseres als die Totenmaske kann aber die Rekonstruktion der Weichteile über einem beliebigen Schädel selbst im günstigsten Fall nicht leisten, es sei denn, daß wir lernen würden, nach Röntgenbildern am Lebenden wenigstens die Dicke der Weichteile lebenswahr zu rekonstruieren. Die bisher nach den Maßen an der Leiche hergestellten Portraits von Urmenschen, Pfahldorfbauern, exotischen Völkern oder berühmten Männern sind Phantasieprodukte ohne tieferen wissenschaftlichen Wert.

Der Kanon von SCHADOW (Abb. 390) zeichnet das Gesicht des Lebenden in ein großes Quadrat, dessen senkrechte Umrahmung den Ansatz der Ohrläppchen schneidet und dessen horizontale Umrahmung oben durch den Supraorbitalrand, unten durch den untersten Kinnpunkt geht. Die Höhe der Stirn bleibt unbestimmt, weil die Haargrenze zu sehr nach Individuum, Geschlecht und Alter schwankt. Teilt man das große Quadrat in 4 gleiche kleinere Quadrate, so fällt der untere Rand der Nase in die horizontale Mittellinie. Der untere

Lidrand (resp. innere Augenwinkel) und die Mundspalte liegen an der Grenze zwischen oberem und mittlerem Drittel eines jeden der 4 kleinen Quadrate. Ein jeder Kanon gibt jedoch nur einen ganz annähernden Anhalt für die natürlichen Maße; denn es variiert das Gesichtsskelett und damit die Proportion des Gesichtes noch stärker, als die Maße des Schädeldaches individuell schwanken. Will man exakte Maße haben, so muß man am Knochen messen, weil vor allem die größte Jochbogenbreite des Gesichtes wegen der verschieden dicken Fettauflagerung beim Lebenden zu sehr schwankt. Sie entspricht etwa dem Abstand der Seiten des SCHADOWschen Hauptquadrates. Die Gesichtshöhe, d. h. die Entfernung der Nasenwurzel (Nasion) vom unteren Rand des Unterkiefers (Gnathion) läßt sich in Prozenten der größten Jochbogenbreite am Schädel ausdrücken. Man nennt dieses Maß den morphologischen Gesichtsindex und bezeichnet als mesoprosop solche Gesichter, bei welchen der Index zwischen 84 und 88% schwankt. Steigt er über 88, so heißt das Gesicht leptoprosop (Langgesicht; bei mehr als 93% hyperleptoprosop); sinkt die Ziffer unter 84%, so nennt man das Gesicht euryprosop (Breitgesicht; bei weniger als 79% hypereuryprosop).

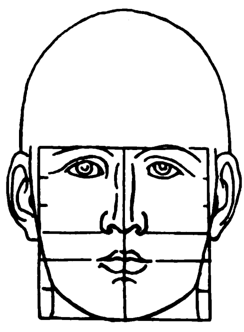


Abb. 390. Gesichtskanon von G. Schadow.

Die meisten Rassen haben mehr breite als hohe Gesichter. Deshalb wird die größte Jochbogenbreite als Grundmaß angenommen und die Gesichtshöhe in Prozenten der Breite ausgedrückt. Bei den Durchschnittszahlen, welche große Statistiken ergeben, liegen die mittleren Zahlen erfahrungsgemäß zwischen 84 und 88%. Deshalb ist dieser Index mesoprosop genannt worden. In Baden beträgt der Durchschnittsindex 85,8% beim Mann, 79,3% bei der Frau. Einzelne Individuen haben viel längere Gesichtsformen, doch verschwinden diese Typen in der Masse großer Statistiken, weil sie seltener sind. Dem SCHADOWschen Kanon liegt ein hyperleptoprosoper Schädel zugrunde.

Bei Kunstwerken der antiken griechischen Plastik fand man, daß der Gesichtsindex um fast doppelt so große Zahlen schwankt als die wirklichen Zahlen, welche an Menschen selbst gemessen wurden. Der Fachmann kann nach dem Gesichtsindex einer Statue nicht nur sagen, aus welchem Jahrhundert, sondern sogar aus welchem Dezennium des 4. und 5. Jahrhunderts v. Chr. sie stammt, weil man in jener Zeit immer wieder andere Stile erfand, um die Gesichtsproportionen in Beziehung zur Körperproportion zu setzen, und weil alle Plastiker an dem gerade üblichen Stil wie an einer Mode festhielten, bis ein Neuerer eine andere ihm zusagendere Proportion durchsetzte. Das ist ein schönes Beispiel für die souveräne Freiheit, mit welcher sich der klassische Künstler von der Wirklichkeit entfernte um seiner Idee des Schönen willen. Die Kunst aller Zeiten hat gewisse Proportionen bevorzugt, die — wie in der griechischen Kunst — für das Stilgefühl ihrer Periode sehr charakteristisch sind. Das gilt für die Körperproportionen überhaupt, vor allem aber für das Gesicht, welches natürlicherweise ein Lieblingsobjekt der darstellenden Kunst ist.

Die Breitenmaße des Gesichtes schwanken weniger als die Höhenmaße. Wahrscheinlich deshalb, weil in ihnen das Auge zweimal gerechnet ist. Die Größe des Augapfels scheint relativ konstant zu sein, und davon die relative Konstanz der Größe des Orbitaleingangs abzuhängen. In der Höhe des Gesichtes wird das Auge jedoch nur einmal gerechnet, dazu die Höhe der Nase und die Höhe der Kiefer, beides Maße, welche viel variabler sind als die Orbitalmaße. Die Kiefermaße geben den Ausschlag.

Bei gleichem Gesichtsindex zweier Schädel kann die zugrunde liegende Form sehr verschieden sein. Ein Breitgesicht kann z. B. durch geringe Gesichtshöhe bei mittlerer Jochbogenbreite oder durch starke Jochbogenbreite bei mittlerer Gesichtshöhe bedingt sein. Das erstere finden wir bei unseren Alpenvölkern, das letztere bei mongolischen Rassen. Die Indexzahlen orientieren nur wie Bezeichnungen der Blattform in der Botanik, sagen aber Näheres über die Form und ihre Ursachen nicht aus (S. 799). Die Beziehung der Gesichtsproportionen zu den Proportionen des Gesamtkopfes ist außerordentlich schwankend. Gesetzmäßigkeiten sind hier noch nicht sicher erwiesen. Bekannt ist jedoch, daß die Größe des Kinns von der inneren Sekretion der Hypophysis abhängig ist (Bd. III). Wenigstens tritt bei Wachstumsstörungen der Drüse die eigenartige „Spitzen“krankheit (Akro-

megalie) auf, bei welcher das Kinn und die Endglieder der Finger besonders stark vergrößert sind.

Die Nase ist besonders bedeutsam für das Profil. Der Schattenriß, bekanntlich vor der Erfindung der Photographie das volkstümliche Portrait, macht sich vornehmlich die physiognomische Bedeutung der Nase zunutze. Im Profil stecken zwei ganz verschiedene Faktoren. Der erste Faktor ist die knöcherne Unterlage, von welcher sich die Nase als freistehender Vorsprung im Gesicht erhebt; sie ist verschieden geneigt. Man nennt „orthognath" solche Schädel, bei welchen eine gerade Linie von der Nasenwurzel zu dem Alveolarrand der vorderen Schneidezähne des Oberkiefers senkrecht oder annähernd senkrecht steht (Profilwinkel 83—90°; als Horizontalebene gilt die Ohraugenebene der Frankfurter Verständigung, S. 691). Prognath heißen Schädel, bei welchen sich der Oberkiefer schnauzenartig vorstreckt (Profilwinkel 82° oder weniger). Die Nase

Bei prognathen Schädeln kann nur der alveoläre Teil vorgestreckt (prognath), der nasale Teil dagegen senkrecht (orthognath) ausgerichtet sein. Man nennt diese Unterform alveoläre Prognathie. Die Entwicklung des Kauapparates ist die Hauptursache für die Profilierung des Schädels. Je weniger mächtig er ausgebildet ist, um so weniger tierähnlich ist der Profilwinkel, d. h. um so reiner ist die Orthognathie.

Als zweiter Faktor kommt in Betracht, wie hoch sich der Nasenrücken über dem allgemeinen Schädelprofil erhebt. Eine niedrige Nase kann durch die Schnauzenform des Gesamtgesichtes weiter vortreten, als eine prominente Nase bei steilem Profil des letzteren. Bei niederen Rassen spielt dies eine große Rolle; bei Tieren wird, obgleich sie nie eine freistehende Nase haben wie der Mensch, durch die Schnauze, d. h. den Vorsprung des Gesamtgesichtes eine „Nase" vorgetäuscht, welche der Laie gewöhnlich mit der menschlichen Nase irrtümlich identifiziert, und welche im Volksmund allgemein „Nase" heißt. Für hochstehende Menschenrassen wie den Europäer ist aber gerade typisch, daß trotz seines aufrechtstehenden, orthognathen Schädelprofils (oder wenigstens der orthognathen nasalen Partie des Schädels) doch die Nase so weit ausladet, daß sie das wesentlichste Element im Gesichtskontur ist.

Von den zahlreichen Varianten der Nasenform (Abb. 391) ist die platte Nase von großer Breite am primitivsten; sie ist bei Negern sehr verbreitet, bei Europäern nur ausnahmsweise vorhanden. Man darf damit nicht pathologische Einsattelungen der Nase verwechseln, welche bei Zerstörung der Nasenscheidewand auftreten (bei tertiärer Syphilis). Sie lehren uns, daß der Vomer, der Hauptsitz solcher Einschmelzungen, ein Hauptfaktor für die Prominenz der äußeren Nase ist. Die sich auf ihn aufbauenden knöchernen und knorpligen Bausteine der Nasenscheidewand sind natürlich auch beteiligt (Abb. 353). So ist das Nasengerüst von innen wie der Giebel eines Hauses durch einen medianen Träger gestützt. Die Form des Giebels kommt in der Führung der Nasenrückenlinie zum Ausdruck (Abb. 391). Die konkaven Typen sind die primitiveren, die konvexen die fortgeschrittensten. Die gerade Nase liegt mitten inne. Überragen die Spitzenknorpel die Nasenscheidewand, so liegt letztere auch äußerlich manchmal vertieft: man sieht auf dem Nasenrücken nach der Nasenspitze zu eine vertiefte Längsrinne. Unter allen Umständen hat in diesem Fall das Nasenprofil geschweifte Form (Abb. 391 c). Außer der Form des Nasenrückens ist auch der Hoch- oder Tiefstand der Nasenwurzel im Verhältnis zur Höhe des Gesichts und damit die Länge des Nasenrückens sehr wechselnd, ferner das mehr oder weniger starke Einschneiden der Nasenwurzel in die Profillinie (am wenigsten bei dem Idealtyp des sog. klassischen Profils, Abb. 330), die Richtung der Nasenspitze (geradeaus, abwärts oder aufwärts, „Himmelfahrtsnase") u. v. a. m. Alle diese Merkmale können in der mannigfaltigsten Weise miteinander kombiniert sein. Fünf oder mehr Mosaikstücke scheinen in der

Nase zu stecken, welche selbständig vererbbar sind und nach den Mendelschen Regeln in verschiedener Mischung vorkommen können (S. 16).

Befragen wir die anthropologischen Messungen, ob in dem reichen Wechsel gesetzmäßige Beziehungen zu den Formen des übrigen Gesichtes, des Kopfes oder Körpers im ganzen nachweisbar seien, so bekommen wir keine befriedigende Auskunft. Daß die Nasenhöhe mit der Gesichtshöhe und die Nasenbreite mit der Gesichtsbreite in Korrelation stehen, ist selbstverständlich, da diese Gesichtsmaße ja zum Teil aus den entsprechenden Maßen der Nase hervorgehen („spurious correlation"). Eine durchgehende Korrelation der Nasenform mit der Gesichtsform ist aber nicht nachweisbar; dagegen besteht innerhalb einer gut abgegrenzten Bevölkerung eine solche zwischen Breitenhöhenindex der Nase des Lebenden und der Körpergröße. Je beträchtlicher die letztere ist, um so höher (im Volksmund „länger") ist auch die Nase und desto niederer ihr Index. Den Künstlern ist immer bewußt gewesen, daß im Antlitz geistig entwickelter Menschen die Form der Nase nichts Zufälliges ist. Mit Meßmethoden, besonders mit Zahlen, welche aus einem größeren Material als Mittel gezogen sind, werden solche individuellen Gesetzmäßigkeiten allerdings nie erfaßt werden können. Man betrachte die äußerst interessanten Versuche Leonardos und Dürers, zu allen möglichen Varianten von Nasen die dazu gehörige Form des übrigen Gesichtes zu erfinden und so trotz der fratzenhaften Gesamtform doch einen gewissen harmonischen Rhythmus zu erzielen. Künstliche Nasenkorrekturen durch orthopädische oder chirurgische Eingriffe an ausdrucksvollen Gesichtern verstoßen gegen solche immanenten Regeln, welche wir freilich zur Zeit nicht streng wissenschaftlich zu fassen vermögen, und muten uns deshalb immer trotz besten technischen Gelingens fremdartig an.

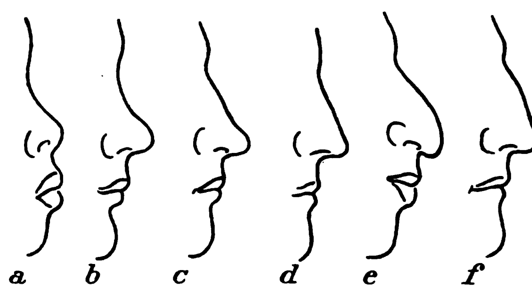
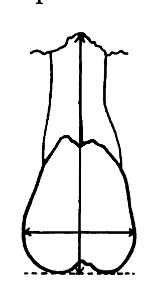


Abb. 391. Verschiedene Nasenprofile. (Umzeichnung nach Krukenberg.)

Ganz wesentlich für die Gesamtform der Nase ist die Form ihres Skeletts. Knorpel und Knochen stimmen zueinander; zu einem schmalen Gesicht gehören auch entsprechende Nasenknorpel. Die dünne Muskulatur und die straffe Haut sind über das Skelett fest anliegend herübergespannt. An der Nasenspitze und an den Nasenflügeln ist keine Verschieblichkeit möglich; nur im oberen Drittel der Nase kann die Haut in Falten gelegt werden. Ein gewisser Turgor der Hautgefäße gehört freilich mit zu der Form der Nase; denn im Tode sieht die Nase „spitz" aus, d. h. das Skelett tritt reiner hervor als im Leben. Maßgebend für die Form ist vor allem die Beziehung der Nasenhöhe zur Nasenbreite des Schädels (Abb. 392). Die Apertura piriformis ist nur bei schmalen Nasen, wie sie für die hochstehenden Rassen charakteristisch sind, wirklich birnförmig. Man kann sie mit der Fingerkuppe, die man vorsichtig in die Nasenöffnung einführt, am Lebenden abtasten. Man erkennt sie auch indirekt von außen, da die Nasenflügel gerade an ihrem Rand angeheftet sind. Die Nüstern laden immer mehr nach außen aus als der Knochen, so daß die Breite der Nase am Lebenden größer ist als der Ausschnitt im Knochen; der Breitenhöhenindex für die Nase des Lebenden ist also keineswegs identisch mit demjenigen für die knöcherne Nase. Die Größe der Nasenbeine, ihre Richtung und die Art, wie sich die Seitenplatten des großen Nasenknorpels an sie ansetzen, spielen eine große Rolle. Regelmäßig ist nur eine kleine dreieckige Stelle am Seitenrande


Abb. 392. Meßlinien für das knöcherne Nasenskelett (Zeichn. von Th. Mollison).

der Apertura piriformis frei von Knorpel und Knochen (Abb. 370). Am festesten ist die Nasenspitze durch den „Spitzenknorpel“ gestützt (Abb. 353). Die Haut der Nasenscheidewand ragt etwas über das knorplige Septum hinaus und ist deshalb verschieblich (Septum mobile). In dem vorderen Teil liegt beiderseits der mediale Schenkel der Spitzenknorpel, der gegen das feststehende Knorpelseptum mitverschieblich ist. Je weiter die Nase vorspringt, um so höher ist der Nasenstachel (Spina nasalis anterior, Abb. 373 a). Man fühlt ihn am Lebenden am besten von dem Nasenloch aus. Er springt oft bis zur Hälfte des ovalären Abschnittes der Nasenlöcher vor. Auch seine Länge ist spezifisch menschlich.

Die Form der Nasenlöcher steht in Korrelation zur Gesamtform der Nase. Die Europäernase hat längs-ovale, nach vorn zugespitzte Nasenlöcher, deren Längsachse fast sagittal steht (Abb. 369; bei Mongolen und Negern steht die Längsachse schräg bis quer). Das vordere zugespitzte Ende des Nasenloches endet bereits in ziemlicher Entfernung von der Spitze der Nase (Abb. 391) und ist unbeweglich. Dilatierbar ist nur das hintere Stück von der in Abb. 370 eingetragenen punktierten Linie ab. Über die Nase als Bestandteil der Atmungsorgane siehe Bd. II.

Fachausdrücke für Teile der Nase sind: Nasenlöcher, Nares; Nasenrücken, Dorsum nasi; Ansatzflächen der Nase am Gesicht, Basis nasi; Nasenflügel, Ala nasi; Rand des Flügels, Margo nasi; Spitze der Nase, Apex nasi (vgl. Abb. 393, dort nicht beschriftet).

Bei einem großen Vergleichsmaterial ergibt sich als mittlere Nasenbreite des Lebenden in Prozenten der Nasenhöhe 70—85; man nennt dieses Maß Mesorrhinie. Alle niedrigeren Werte werden als Leptorrhinie, alle höheren als Chamaerrhinie bezeichnet. Die Europäernase ist leptorrhin (Nasenindex bei Badenern 65,7, Männer). Der Nasenindex der knöchernen Nase (Abb. 392) schwankt bei Mesorrhinie zwischen 47—61, die Totalschwankung beträgt 24—72.

Bei der physiognomischen Beurteilung der Form der Nase spielen optische Täuschungen keine unwichtige Rolle. Ein Nasenrücken, welcher hoch ist und keine scharfe Grenze gegen die Stirn hat, sieht länger aus als der Rücken einer niedrigen Nase mit tiefliegender Nasenwurzel, auch wenn der Nasenindex bei beiden gleich ist.

Unter Nasenhöhe versteht man in der Anthropologie die Entfernung der Nasenwurzel vom Nasenstachel (entsprechend der Meßrichtung bei der Gesichtshöhe). Im allgemeinen Sprachgebrauch wird dieses Maß jedoch als „Länge“ der Nase bezeichnet. Letzteres kann zu Irrtümmern Veranlassung geben, weil bei den Kopfmaßen als „Länge“ die Entfernung der Nase vom Hinterkopf gemeint ist, also unter Umständen der Betrag, um welchen die Nase vorspringt, mit zur Kopflänge gehört. Es ist deshalb am besten, das Wort Länge nur auf den Nasenrücken anzuwenden. „Nasen“höhe im anthropologischen Sinn ist demnach etwas ganz anderes, als „Rücken“höhe der Nase. Ein hoher Rücken ist der Gegensatz eines niedrigen, flachen Rückens, eine hohe Nase dagegen der Gegensatz einer kurzen Nase.

Leonardo da Vinci hatte bereits Zeichnungen der verschiedenen Nasenformen in Tabellenart, mit welchen er die Nase eines bestimmten Individuums verglich und sich merkte. Eine moderne derartige Bestimmungstafel gibt Martin, Lehrbuch der Anthropologie 1914, S. 456.

Die Umgebung des Auges ist in hohem Grad wichtig für den Ausdruck des Auges selbst. Unterschiede in der Krümmung und Größe des Augapfels, welche z. B. in der bildenden Kunst angewendet werden, um die physiognomischen Verschiedenheiten des Auges wiederzugeben, sind in Wirklichkeit so geringfügig, daß sie für den Gesichtsausdruck nicht verantwortlich gemacht werden können. Ein künstliches Glasauge kann das natürliche kosmetisch fast vollkommen ersetzen. Es kommt lediglich auf die Form und auf das Verhalten der Umgebung an, ob uns ein Auge groß oder klein, mild oder drohend oder wie immer erscheint. Die knöcherne Grundlage, der Eingang zur Augenhöhle, ist bei Affen allgemein hoch „aufgerissen“. Dies kommt auch bei niederen menschlichen Rassen vor. Je nach dem Verhältnis der Höhe zur Breite wechselt die Form des Orbitaleinganges von einer fast runden oder quadratischen Figur bis zu einem niedrigen, gedrückten Rechteck mit horizontalem oder etwas schräg stehendem größten Durchmesser, Hypi-, Meso- und Chamaekonchie. Beim Weib ist im allgemeinen mehr Tendenz zu relativ hohen Augenhöhlen als beim Mann; das beruht nicht auf einer absolut größeren Höhe, sondern darauf, daß bei ungefähr gleicher **Die Augengegend**

Höhe die Breite der Augenhöhlen beim Mann beträchtlicher als beim Weibe ist. Das eigentümliche, namentlich in Karrikaturen oft benützte physiognomische Bild eines Schädels beruht ganz wesentlich auf der Größe und Form der leeren, dunklen Augenhöhlen. Aber nicht nur diese Faktoren der knöchernen Grundlage, sondern auch der Neigungswinkel der Eingangsebene der Augenhöhle ist für das Gesicht und seine Form in hohem Maß bestimmend. Am charakteristischsten sind rassenanatomisch die Verschiedenheiten des frontalen Neigungswinkels, d. h. die Abweichung der Eingangsebene von der Stirnebene. In der Profilansicht ist ein großer Winkel daran kenntlich, daß die Orbita viel weniger verkürzt erscheint als die Stirnebene (Abb. 369). Bei Europäern ist der Winkel durchschnittlich 20° groß (und mehr), aber individuell sehr wechselnd. Japaner haben den geringsten Winkel (Durchschnitt 14°); der bekannte Habitus ihres Gesichtes und der malayischen Rasse überhaupt ist ganz vornehmlich dadurch bedingt (dazu kommt der Epikanthus, S. 790).

Die knöchernen Ränder des Augenhöhleneinganges und besonders ein Torus supraorbitalis (S. 711) können im äußeren Relief vortreten, besonders bei alten oder kranken Leuten (Magerkeit). Sie sind immer tastbar. Ein absolut großer, besonders vorspringender äußerer oberer Augenrand, da wo er vom Processus zygomaticus des Stirnbeines gebildet wird, ist manchmal auffallend und im Sinne der sonst verlassenen Phrenologie GALLs als Charakteristikum für besondere mathematische Begabung bezeichnet worden (MÖBIUS). — Der geradlinige, größte Abstand der äußeren Orbitalränder voneinander, Biorbitalbreite, schwankt innerhalb der gleichen Rasse und des gleichen Geschlechts im Verhältnis zur Gesichtshöhe nicht besonders stark. Die Künstler variieren dagegen oft sehr frei gerade diesen Index, wie z. B. Messungen an griechischen Statuen ergeben haben (vgl. S. 802). — Bei Mongolen hat sich die frühere Annahme, daß ihre Augenhöhlen weiter auseinanderständen als bei Europäern, durch genaue Messungen nicht bestätigt. Der Eindruck des größeren Orbitalabstandes ist vielmehr dadurch bedingt, daß die inneren Augenwinkel durch Hautfalten verdeckt sind (Epikanthus).

Der knöcherne Orbitaleingang ist nach außen zu durch eine bindegewebige Membran, das Septum orbitale, verschlossen. Außen von dieser liegt die dünne Muskelplatte. Zu dem bindegewebigen Septum gehören als besondere Verdickungen und Verhärtungen des Bindegewebes die sogenannten Tarsalplatten (Tarsus superior und inferior, Abb. 393; das Septum ist in der Abbildung weggelassen). Sie werden beim Öffnen und Schließen des Auges bewegt. Der obere Tarsus verschwindet wie der zurückschiebbare Deckel eines Zylinderbureaus nach oben, wenn das Auge geöffnet ist. Er liegt nur beim geschlossenen Auge an der Oberfläche. Die Hautfalten, welche über dem oberen Lid bei zurückgeschobenem Deckel entstehen, verschwinden oder verstreichen fast ganz bei geschlossenen Lidern (S. 789, 795, siehe auch Sehorgan, Bd. III). Je nach der Beschaffenheit der Haut sind die Formen der Lider sehr verschieden: dick oder dünn, glatt oder gewulstet usw. Gewöhnlich steht der Brauenkopf in gleicher Höhe mit dem knöchernen Orbitalrand; weiter lateralwärts ist der Knochenrand weiter nach der Lidspalte zu gelegen als die Braue (vgl. Abb. 393, links und rechts). Die Lidspalte ist beim Europäer ziemlich genau horizontal ausgerichtet. Der äußere Augenwinkel ist verschieblich, da er durch eine Raphe mit dem M. orbicularis, aber nicht durch ein eigentliches Ligament unmittelbar mit dem Knochen verbunden ist. Er steht beim geöffneten Auge ein wenig höher als der innere Winkel, senkt sich aber beim geschlossenen Auge und steht dann etwas tiefer als der letztere. Der innere Winkel steht immer fest, da er mit dem derben Ligamentum palpebrale mediale am Knochen vor und hinter dem Tränensack angeheftet ist. Die Lidspalte wird individuell verschieden weit geöffnet. Gewöhnlich ist der obere Rand der runden Iris durch das obere Augenlid abgeschnitten, der untere gerade tangiert. Es kann aber auch die ganze Iris sichtbar sein und das Auge dadurch besonders glänzend und hoheitsvoll wirken (Goetheporträts).

Wird der Augapfel bei krankhaften Veränderungen nach vorn gedrängt, so ist ebenfalls viel mehr von ihm freiliegend als gewöhnlich (Exophthalmus). Das Gegenteil sind eng geschlitzte Augen („Schweinsaugen").

Die Ohrmuschel

Die Ohrmuscheln sind ihrer Form nach wissenschaftlich so gut wie gar nicht analysiert. Gewisse Beziehungen scheinen zwischen Größe und Form der Muscheln zu bestehen. Kleine Ohren haben mehr runde Formen als große u. dgl. Die Künstler haben immer beachtet und gefühlt, daß die Linienführung des Konturs und der Einzelheiten des Ohrs für ein bestimmtes Individuum sehr charakteristisch ist: sie wiederholt gleichsam den Rhythmus des Ganzen im Kleinen. Wissenschaftlich läßt sich das zur Zeit nicht fassen. Über die Entstehung der Muschel ist in anderem Zusammenhang zu berichten (Gehörorgan, Bd. III).

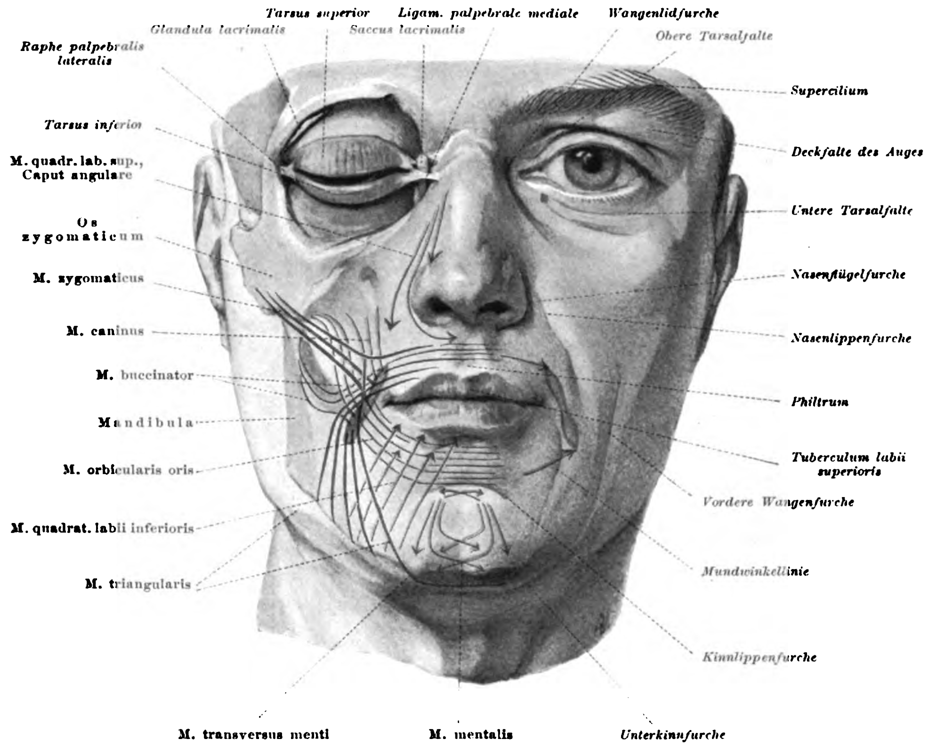


Abb. 393. Gesicht mit Furchen und Falten, Lage der Knochen und Linienschemata der Mundmuskeln (rot). Insertionsstreifen in der Nähe der Schleimhaut blau, beiderseits auf die Oberfläche schematisch übertragen. Die beiden auf der linken Gesichtshälfte gezeichneten roten Pfeile gehören zu den Mm. incisivi.

Der Mund und die Lippen

Die Mundspalte, Rima oris, reicht beiderseits bis zu den Eckzähnen. Die Lippen sind Falten, in welchen die Muskulatur eingeschlossen liegt (Abb. 381). Die Oberlippe beginnt an der Nase, die Unterlippe an der Kinnlippenfurche (Abb. 393). Nach der Mundspalte zu ist das Lippenrot sichtbar, außer an den Mundwinkeln. Man nennt auch wohl das Lippenrot kurz: Lippe. Dem medianen Lippenbändchen, mit welchem die Oberlippe auf ihrer Innenseite am Zahnfleisch angeheftet ist, entspricht außen eine senkrechte Furche: Philtrum. Die Oberlippe hat da, wo das Philtrum in sie ausläuft, einen Vorsprung, Tuberculum labii superioris und greift mit ihm in die Unterlippe ein. Die Grenze des Lippenrots gegen die Haut folgt dem in sie einschneidenden Philtrum und



ist wie eine Armbrust des Rokoko zierlich doppelt geschweift. Das Rot der Unterlippe ist viel einfacher geschnitten, mehr gleichmäßig breit, aber nach beiden Mundwinkeln wie an der Oberlippe zugespitzt. Wegen der entwicklungsgeschichtlichen Grundlagen dieser Verschiedenheiten und der daraus sich ergebenden Hemmungsmißbildungen, wie die Hasenscharte u. dgl., siehe Mundhöhle (Bd. II). Wir haben ein außerordentlich feines optisches Empfinden für den individuellen Schnitt und die Farbe der Lippen: ob sie dick oder schmal, hoch oder niedrig, rot oder blaß sind. Bei Frauen sind die Lippen durchweg weniger gewulstet, und die Mundspalte ist weniger breit als beim Mann. Die Oberlippe ist im allgemeinen physiognomisch markanter als die Unterlippe, manchmal auch die Unterlippe, z. B. die Habsburgerlippe. Bei den Lippen wird wie beim Kinn Abhängigkeit vom Sekret der Hypophysis angenommen (S. 802). Die Bewegungsfähigkeit ist groß, weil die Dehnbarkeit der Lippen vom gespitzten Mund bis zum extremen Öffnen — etwa beim Zahnarzt — ganz außerordentlich ist. Der Reichtum der verschiedenartigsten Muskelfasern, besonders solcher, welche zum Mundwinkel konvergieren (Abb. 393) und sich hier jederseits zu einem Muskelknoten durchflechten (Abb. 369), ermöglicht uns, die Dehnbarkeit der Lippen voll auszunutzen. Wir werden weiter unten sehen, daß ihre Bewegungen für die mannigfachsten Verrichtungen in erster Linie stehen und daß sie für die Entstehung der Mimik am wichtigsten sind. Da die Lippen als Ausdrucksorgane in den Dienst des Sprechens getreten sind, so hat der Sprachgebrauch das Wort „Mund" allein für den Menschen reserviert; von Auge, Nase, Ohr sprechen wir auch bei Tieren. Die Hautfalten und -furchen in der Umgebung des Mundes und auf der Wange stehen in engster Korrelation zu der Beweglichkeit der Lippen.

Der Hals und Nacken

Das Verbindungsstück zwischen Kopf und Rumpf, der Hals, ist hier formanalytisch zu behandeln, weil er aus den verschiedenartigsten Bausteinen zusammengesetzt ist, welche zum Teil in früheren Kapiteln (S. 129, 201, 268), zum Teil erst in diesem Abschnitt beschrieben worden sind. Sehr lehrreich ist die Betrachtung des Seitenkonturs des Halses in der Ansicht von vorn oder von hinten (Abb. 60, 99, 100, 131). Er wird im oberen Teil vom M. sternocleidomastoideus beherrscht. Da die beiden Kopfwender nach dem oberen Brustbeinrand konvergieren, so wendet sich der Beginn des Seitenkonturs am Kopf von oben außen nach unten innen; doch verläßt er im unteren Teil des Halses den Sternokleido und folgt dem Trapezius nach der Schulterhöhe zu (Akromion). Das Höhenniveau und die Größe des Winkels, unter welchen der Kontur nach außen abbiegt, wechseln individuell sehr. Ist der Brustkorb wohl gebaut und die Muskulatur kräftig, so steht der Winkel hoch, nähert sich mehr einem rechten, sein unterer Schenkel ist nach außen konvex, entsprechend dem Tonus des Trapezius. Bei zarten Individuen, vor allem im Entwicklungsalter, ist der Kontur lang gezogen, nach außen konkav, der Winkel nähert sich 180° und steht tief (S. 268). Bei dem extrem asthenischen und emphysematischen Habitus des Brustkorbes (S. 219) ist jeweils der Hals mitbetroffen; er ist im ersten Fall besonders lang und schlank, im letzteren besonders kurz und dick. Betrachtet man einen nackten Menschen vom Rücken aus, so ist aus der Konvergenz des beiderseitigen oberen Halskonturs mittelbar zu entnehmen, wo sich die Linien schneiden, d h. in welcher Höhe sich der obere Brustbeinrand befinden muß, obgleich man diesen von hinten nicht unmittelbar sehen kann und obgleich speziell die Vertebra prominens kein Maß für sein Niveau ist (denn sie steht unter allen Umständen beträchtlich höher als der obere Sternalrand, Abb. 90). Ist also das Auge für die Führung der Konturlinien geschult, so wird auf diesem Wege der Körper wie durchsichtig. Denn die innere Konstruktion muß irgendwie im Kontur zum Ausdruck kommen. Instinktiv hat

jeder dafür ein gutes Gefühl; unser Urteil über natürliches und richtiges Maß des menschlichen Körpers und seiner künstlerischen Wiedergabe durch Plastik oder Malerei stützt sich ganz wesentlich darauf.

Die Einteilung des Halses in einzelne Felder ist ganz wesentlich durch die tiefere Muskulatur bedingt, welche durch den oberflächlichen, dünnen Hautmuskel hindurch das Relief beherrscht (Abb. 375). Das Zungenbein liegt an der Knickstelle, an welcher der vordere Halskontur in Profilansicht aus der horizontalen Richtung in die senkrechte umbiegt. Etwas tiefer folgt der Kehlkopf, der besonders beim Mann vorspringt (Adamsapfel, Pomum Adami, Abb. 397). Zu unterst, dicht über dem Sternalrand, sinkt die Haut zwischen den beiden Kopfwendern zur Kehlgrube, Fossa jugularis ein (Abb. 100), weil die Halseingeweide auf ihrem Weg zum Brustraum der Richtung der Wirbelsäule folgen, welche hier nach hinten gewendet ist (Abb. 90) und sich infolgedessen von der Oberfläche des Halses um so mehr entfernen, je mehr sie sich der oberen Brustapertur nähern.

Eine Vorwölbung zwischen Kehlkopf und Brustbein ist nicht normal; sie kommt bei atypischen Vergrößerungen der Schilddrüse (Kropf) vor und ist besonders in den Entwicklungsjahren bei vermehrtem Blutzudrang deutlich, auch wenn das Drüsengewebe selbst nur wenig vergrößert ist. Längsfurchen des Halses werden durch das Platysma hervorgerufen (S. 749). Querfurchen können eine Folge schlaffer Haut sein (Runzeln), kommen aber auch, namentlich bei Frauen, als Zeichen besonders kräftiger Entwicklung in Form von einer oder zwei Querrillen vor, welche für den Kinderhals typisch und von diesem her übernommen sind („Collier de Venus").

Der Nacken ist gegenüber dem Hals im engeren Sinn (= Vorderseite des Halses im ganzen) sehr einfach geformt. Denn hier liegt nur ein Muskel unmittelbar unter der Oberfläche (Abb. 131); nur nach den seitlichen Konturen zu treten andere Muskeln hervor. Aber auch die tiefen Rückenmuskeln scheinen durch und beherrschen gemeinsam mit den Bewegungen der Halswirbel das Oberflächenbild (S. 135—138).

3. Asymmetrien des Kopfes.

Die Asymmetrie des Kopfes ist innerhalb geringer Grenzen eine normale Erscheinung. Ebensowenig wie die Wirbelsäule genau in der Medianebene steht (Abb. 83), ebensowenig ist der Schädel nach links und rechts gleich ausgerichtet. Dazwischen besteht ein innerer Zusammenhang. Das linke Bein wird häufiger als Standbein benützt und ist daher länger als das rechte. Dadurch wird ein geringer Schiefstand des Beckens induziert und von hier aus die Lendenwirbelsäule beeinflußt. Endlich führt die verschiedene Höhe der Hinterhauptkondylen zu leichter Schiefhaltung des Kopfes, welche durch Asymmetrien des Schädels ausgeglichen wird. Solche statischen Ursachen können innerhalb der Rumpfsphäre professionell verstärkt sein. Schlechtes Sitzen beim Schreiben spielt eine große Rolle. Außerdem aber gibt es Ursachen, die im Kopf selbst lokalisiert sind, z. B. das Überwiegen der linken Gehirnhemisphäre, welche allein die Zentren für die Sprache und das Handeln (Rechtshändigkeit) birgt und mehr Raum beansprucht als die rechte, oder die verschiedene Sehstärke beider Augen, von welchen das bessere eine geringe Schiefstellung des Kopfes erzwingt, die Schädel

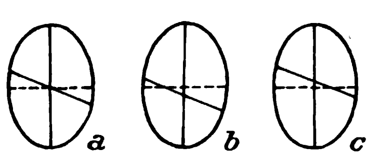


Abb. 394. Schiefstand der Ohrebene. Schema. Die Stirn nach unten, der Hinterkopf nach oben gewendet. Das Kopfoval ist symmetrisch angenommen, die quere Halbierungslinie gestrichelt. Ist in Wirklichkeit der rechte Ohrabstand von der Stirnebene größer als der linke, so ergibt die Vereinigung entsprechender Ohrpunkte eine schräge Aurikularebene (ausgezogene Linie). a) Die Aurikularebene steht einfach schräg. b) Sie ist außerdem nach vorn verschoben (präaurikuläre Brachyzephalie). c) Sie steht schräg und ist nach hinten verschoben (präaurikuläre Dolichozephalie). Nach Holl (Mitt. anthrop. Ges. Wien 1916.)

ihrerseits zu Asymmetrien des Schädels wie bei den durch die Wirbelsäule induzierten Schiefstellungen führen.

Außerdem kann der Schädel auf folgendem Umweg durch die asymmetrischen statischen Verhältnisse des Gesamtkörpers beeinflußt sein. Da das Becken wegen seines Schiefstandes asymmetrisch ist (S. 480), ist regelmäßig der Kopf des Neugeborenen schief verdrückt. Keinesfalls ist dies die Haupt- oder gar einzige Ursache für die Asymmetrien des Kopfes des Erwachsenen. Denn die Formänderungen während des Geburtsaktes gleichen sich größtenteils bald aus. Es ist im Gegenteil sehr schwierig zu entscheiden, was im Einzelfall Ursache und Folge des spezifischen Schiefstandes des kindlichen Schädels während der Geburt ist (1. oder 2. Schieflage der Geburtshelfer).



Abb. 395. Venus von Melos, Aufnahme von C. Hasse (1887).

Die Asymmetrie des Schädels ist leicht feststellbar, wenn man den Abstand des rechten und linken Gehörganges von einer durch den vordersten Stirnpunkt gelegten Frontalebene mißt Man findet dabei, daß gewöhnlich die Verbindung entsprechender Ohrpunkte schräg zur Medianebene steht, aurikulare Asymmetrie (Abb. 394). Neue steife Hüte und Helme sind deshalb unbequem, weil sie sich der individuellen Kopfform erst allmählich anschmiegen.

Gesicht

Weitaus am deutlichsten, weil am sichtbarsten sind die Asymmetrien des Gesichtes. Sie sind so „normal", daß ein symmetrisches Gesicht unnatürlich und langweilig erscheint. Die Künstler haben das immer gewußt und nicht verabsäumt, selbst in Idealgestalten die natürlichen Verschiedenheiten von rechts und links wiederzugeben. Man hat das durch Projektion des Kopfes

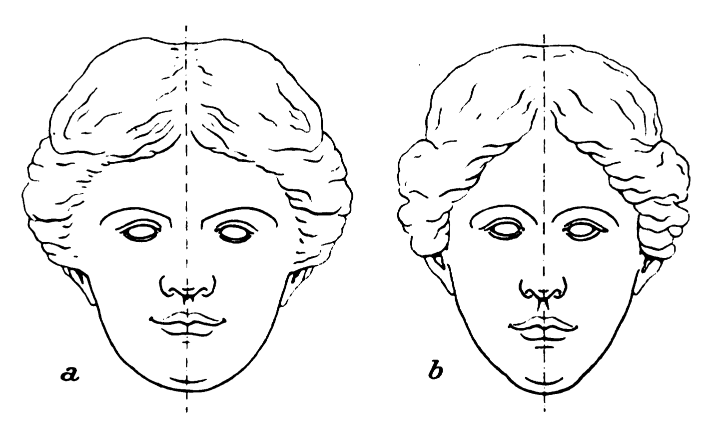


Abb. 396. Rechte (a) und linke (b) Gesichtshälfte der Venus zum ganzen Kopf ergänzt. Die von Hasse auf dem Drahtgitter festgelegten Maße der rechten und linken Gesichtshälfte sind von mir zugrundegelegt.

von Statuen auf ein Drahtgitter mit regelmäßigen quadratischen Maschen festgestellt. Wie sehr z. B. das Rechts und Links beim Kopf der Venus von Melos voneinander abweichen, ist aus Abb. 396 zu ersehen. In a ist die rechte, in b die linke Gesichtshälfte des Originals spiegelbildlich ergänzt; beide Köpfe sind einander wenig ähnlich und ganz reizlos gegenüber dem Ausgangsbild (Abb. 395). Bei Porträts pflegt die spiegelbildliche Ergänzung der einen Ge-

sichtshälfte auf getreuem photographischem Wege das Gesicht demnach bis zur Unkenntlichkeit zu verändern.

Am bekanntesten ist, daß die Nase gewöhnlich nach einer Seite abweicht. Sie ist im ganzen nach rechts oder links verrutscht oder die knöcherne Nase ist nach der einen, die knorplige Nase kompensierend nach der entgegengesetzten Gesichtsseite gewendet. Asymmetrien des Nasenseptums und der Spina nasalis anterior fehlen am Schädel nie, erstere sind sogar schon embryonal vorhanden. Am stärksten pflegt rechts und links im Gesicht der Unterschied zwischen der Entfernung des äußeren Augenwinkels vom Mundwinkel zu sein.

4. Hals- und Kaubewegungen.

Form des Halses in der Bewegung

Die Bewegungen des Halses werden durch Muskeln an der Vorder- und Hinterseite (Hals im engeren Sinn und Nacken) vollzogen, von denen vorn die beiden Kopfwender am deutlichsten sichtbar sind. Das Zungenbein ist seitlich am Schädel durch die Ligamenta stylohyoidea fixiert und macht deshalb die Drehungen des Kopfes nach rechts und links mit. Der Kehlkopf bleibt relativ stehen, weil er durch die Luftröhre nach dem Brustkorb hin festgehalten ist (Abb. 397). Bei starken Drehungen wird allerdings auch der Kehlkopf mitgedreht.

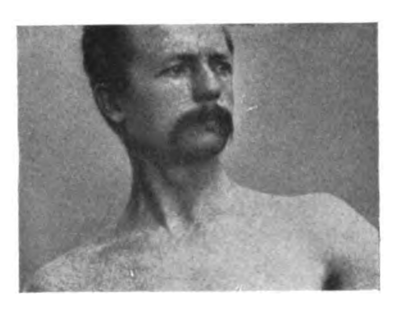


Abb. 397. Kopfwendung nach links. Photo aus „Der Akt“ (von Koch-Rieth).

Beim Hintenüberneigen des Kopfes rückt der in Normalstellung horizontalstehende Mundhöhlenboden in die gleiche Ebene wie die Vorderfläche des Halses, und die Kopfwender mit dem Unterkiefer umgrenzen eine Raute mit längeren unteren und kürzeren oberen Schenkeln. Auf den Kiefer wird ein passiver Zug ausgeübt; daher neigt die Mundspalte dazu zu klaffen. Die Halseingeweide (besonders der Kehlkopf) springen deutlicher vor. Der Hals im ganzen ist in dieser Stellung verbreitert, weil die Kopfwender nach hinten verschoben werden.

Beim Neigen nach vorn kann die Brust mit dem Kinn erreicht werden, beim Neigen nach der Seite erreicht das Ohr nie die Schulter (Abstand 3—4 Querfinger breit bei maximaler Neigung). Die Formveränderungen, speziell die Quetschfalten der Haut nach der Seite der Neigungen hin verstehen sich von selbst.

Bewegungen der Lippen und des Kiefers beim Kauakt

Wir müssen unterscheiden: Kiefer- und Lippenbewegungen. Letztere können bei geschlossenem und geöffnetem Kiefer stattfinden, erstere bei geschlossenem und geöffnetem Munde. Der eigentliche Kauakt, d. h. die Zerkleinerung der Nahrung ist eine Aufgabe der Kieferbewegung, aber zahlreiche dazu notwendige einleitende und begleitende Bewegungen, wie die Aufnahme der Nahrung, die Verschiebungen der Bissen an die richtige Stelle zum Zerkleinern und Schmecken, werden von den Lippen und Wangen besorgt (auch von der Zungenmuskulatur, Bd. II). So kombinieren sich beständig Aktionen der eigentlichen Kaumuskeln (M. temporalis, M. masseter, Mm. pterygoidei) mit solchen Muskeln, welche am Hals liegen und zum Unterkiefer gehen, und mit den „mimischen“ Muskeln. Die letzteren werden zum Aufnehmen flüssiger Nahrung und zum Verschluß gegen das Abfließen von Speichel und anderem Mundinhalt allein gebraucht. Ihre Bezeichnung ist a potiori zu verstehen. Sie sind andrerseits nicht das einzige mimische Organ. Abgesehen von Bewegungen des Gesamtkörpers, die als Ausdrucksmittel dienen (Pantomimik),

ist auch die eigentliche Kaumuskulatur nicht ohne mimische Bedeutung. Fest zusammengepreßte Zähne bei kontrahierten Kaumuskeln oder erhöhter Tonus dieser Muskeln gibt dem Gesicht den Ausdruck der Entschlossenheit und Tatkraft. Bei der Bezeichnung „Kaumuskeln" ist deshalb wie bei den „mimischen" Muskeln die wichtigere Aufgabe, die ihnen obliegt, allein gemeint, aber nicht allein vorhanden.

Das Kauen soll hier nicht näher besprochen werden. Der ihm zugrunde liegende Kiefermechanismus ist auf S. 762 analysiert; darauf sei verwiesen. Das Zurechtschieben der Bissen durch Lippen, Wangen und Zunge ist bei den einzelnen Muskeln beschrieben (S. 781) oder wird bei der Zungenmuskulatur (Bd. II) nachgetragen werden.

Widerstand des Schädels beim Kauakt und bei äußeren Einwirkungen

Die Kauwerkzeuge sind für die innere Festigkeit des Kopfes im ganzen von Wichtigkeit. Der Druck der Zähne beim Zerkleinern der Nahrung trifft eine ganz andere Stelle des Schädels als der Zug der Kaumuskeln, welche den Druck erzeugen. Die Stärke dieser auf verschiedene Druck- und Zugplatten wirkenden Kräfte und die Gefahr des Durchbiegens sind unter Umständen außerordentlich groß. Der Schädel ist dagegen gesichert, da alle Knochen außer dem Unterkiefer zu einem Stück vereinigt sind. Es gibt bei Reptilien und Vögeln auch kinetische Schädel, d. h. solche, deren Abschnitte an bestimmten Stellen gegeneinander beweglich sind. Der Säugerschädel ist aber immer akinetisch. Das verbesserte Kauen, welches durch die Umformung des Kiefergelenkes eintrat, war zugleich die Ursache für die feste Verbindung der Schädelknochen zu einer Einheit. Trotzdem würden dünnwandige, hohle Gesichtsknochen wie der Oberkiefer nicht genug Stand haben, wenn nicht besondere Stützpfeiler in das Gesicht eingebaut wären, welche sein Skelett festigen und die beim Kauen einwirkenden Kräfte auf die Schädelbasis und auf das Schädeldach übertragen. Zunächst sitzen die Zähne in einem kräftigen Knochenbogen, der beim Oberkiefer durch den gewölbten harten Gaumen wie durch eine kräftige Querspreize verstrebt ist (Abb. 365). Ferner steigen drei senkrechte Stirnpfeiler von den am stärksten benützten Zähnen des Oberkiefers in die Höhe und ruhen auf dem Skelett der Stirn, welches mit der maximalen Aufrichtung der Stirnschuppe beim Menschen ganz besonders geeignet wurde. den vom Oberkiefer ausgehenden Druck aufzufangen (Abb. 327). Die Flügelgaumenfortsätze übertragen von den hinteren Enden des Oberkieferbogens die Druckkraft auf die Mitte der Schädelbasis, während die Köpfchen des Unterkiefers seitlich auf die Schädelbasis, nahe ihrem Rande drücken (Abb. 335). Auch hier kann die beim Menschen senkrecht aufgerichtete Schläfenschuppe den Druck des Unterkiefers besonders gut auffangen. Die Stirn und Schläfe haben noch eine besondere Stütze in dem horizontalen Jochbogen, welcher diese beiden Randknochen der Schädelbasis gegeneinander verstrebt. Die gegen das Innere des Schädels vorspringenden Knochenleisten der Schädelbasis, welche jederseits die drei Schädelgruben gegeneinander begrenzen (Abb. 336), sind mächtige Verstärkungen zwischen den genannten Druckpunkten und zwischen der Nackenplatte des Schädels, welche den Druck der Wirbelsäule und den Zug der Nackenmuskeln auszuhalten hat. Diese Knochenbalken sichern die Schädelbasis an den gefährdeten Stellen. Die Kauzugplatte, d. h. die Stelle am Schädel, welche den Ursprung der Kaumuskeln trägt und den Zug derselben auszuhalten hat, liegt vorn vom Kaudruckpunkt des Unterkiefers, außen von demjenigen des Flügelgaumenfortsatzes und hinter denjenigen der Stirnpfeiler. Sie entspricht dem Boden der mittleren Schädelgrube, ist aber durch die genannten Pfeiler des Gesichtes und die Verstärkungsbalken der Schädelbasis fest umrahmt und verkeilt.

Indem der Schädel gegen die inneren, durch den Kauakt frei werdenden Kräfte gesichert wurde, erhielt er gleichzeitig Festigkeit gegen äußere Einwirkungen. Denn Stöße oder Schläge auf das Schädeldach werden durch die geschilderten Streben und Pfeiler in ähnlicher Weise wie die von den Kiefern nach aufwärts wirkenden Kräfte aufgefangen und verteilt. Trifft z. B. ein Stoß den Scheitel, so wird er durch die Scheitelbeine auf die Schläfenschuppen und die Gesichtsknochen weitergeleitet. Schmerzen im Gesicht, die nach einem Schlag auf den Kopf auftreten, sind ein Beweis dafür. Das Hinterhaupt ist durch die innere Struktur des Schädels gegen Trauma viel weniger geschützt als Scheitel und Stirn; ein ungeschickter Fall führt in der Tat hier viel eher zu einer Fraktur des Knochens. Doch hilft die Nähe der elastischen Wirbelsäule uns einigermaßen einen direkten Stoß zu vermeiden; auch ist die Gefahr des Stürzens nach hinten durch viele Einrichtungen des Gesamtkörpers geringer als die Gefahr, auf Stirn oder Scheitel zu fallen.

Frakturen der Schädelbasis entstehen am häufigsten als direkte Fortsetzungen von Brüchen des Schädeldaches. Brüche der Stirnbeingegend können sich auf die vordere Schädelgrube fortsetzen, ebenso Brüche der Scheitelbeingegend in die mittlere und solche der Hinterhauptgegend in die hintere Schädelgrube. Wesentlich diese dünnen Stellen werden betroffen. Besonders das Siebbein und die Gegend des Foramen opticum sind bevorzugt. Geht der Bruch durch die vordere Schläfengrube, so findet oft die Gehirnflüssigkeit (Liquor cerebrospinalis) oder Blut nach außen einen Weg durch die Nase, oder es entstehen Ergüsse auf dem Weg durch die Augenhöhle unter die Bindehaut des Auges. Bei Brüchen in der mittleren Schädelgrube können Blutungen aus dem Ohr die Folge sein, falls Felsenbein und Trommelfell einreißen, oder aus Mund und Nase, falls der Riß längs der Tuba Eustachii läuft. Ist die hintere Schädelgrube geborsten, so kann Blut am Warzenfortsatz oder am Nacken unter der Haut erscheinen und bis zum Hals vordringen.

5. Mimik und Physiognomik.

Gebärden und Sprache

Die mimischen Muskeln, welche in den vorhergehenden Kapiteln in ihren Einzelheiten analysiert sind, bewirken, je nachdem sie einen kürzeren oder längeren Weg zwischen ihrem Ursprung am Skelett und ihrer Insertion an der Haut durchlaufen, bestimmte Vorwölbungen der zwischen Ursprung und Insertion liegenden Haut, bald in Form eines Wulstes, bald in Form zahlreicher Falten, oder sie erzeugen, falls sie senkrecht auf die Haut auftreffen, spezifische grübchenförmige Vertiefungen. Die Öffnungen für die Sinnesorgane des Sehens, Riechens und Schmeckens können durch ringförmige Muskelzüge verengert, durch radiär ausstrahlende Züge erweitert oder durch Teilbewegungen, oft entgegengesetzter Richtungen, in mannigfachster Weise umgeformt werden. Jeder Muskel, oft nur bestimmte Teile von Muskeln, haben in diesem Getriebe ihre individuelle Aufgabe. Je elastischer die Haut ist, um so besser paßt sie sich der veränderten Form an; je derber sie ist, um so tiefere Falten entstehen. Die alternde Haut läßt sich schließlich nicht mehr glätten, sondern liegt wie ein vielfach zerknittertes Papier auf der Unterlage, die selbst oft im Alter an Bewegungsfähigkeit erheblich verloren hat. Ehe wir uns mit der Beteiligung der Muskeln an den einzelnen Ausdrucksformen der Gemütsbewegung beschäftigen, ist die generelle Frage nach den Ursachen der Tätigkeit gerade dieser Muskeln für die Ausdrucktätigkeit ins Auge zu fassen. Von den Bewegungen, der Mimik, ist die Dauerform eines Gesichtes, die Physiognomie, und die erklärende Beschreibung dieses Status, die Physiognomik, abzuleiten. Die Züge des Antlitzes in der Ruhe sind eine erstarrte, gleichsam versteinerte Mimik.

Unser ganzer Körper verfügt über bestimmte, oft sehr ausdrucksvolle Mittel, an welchen die innere Stimmung des Individuums äußerlich erkennbar ist. Wir nennen sie insgesamt: pantomimische Bewegungen. Sie führen zu spezifischen Dauerhaltungen des Körpers im Stehen, Gehen und Sitzen, welche für eine Persönlichkeit ganz charakteristisch sind. Wir können einen Menschen oft aus der Ferne oder vom Rücken ganz genau erkennen, ohne von



seinem Gesicht etwas zu sehen. Einen besonderen Einblick in diese Zusammenhänge gewinnen wir aus der Beobachtung von Kindern. Das Greifen nach Gegenständen, welche das Kind haben möchte, leitet über zum Hinweisen. Die Gebärde des Zeigens ist eine abgeschwächte Greifbewegung. Die primäre Ursache ist die natürliche Äußerung eines Affektes. Dadurch, daß die Bewegung als äußerliches Merkmal des Affektes den Wert der Mitteilung an andere hat — nicht der Absicht nach, aber tatsächlich —, kann sie dazu dienen, in anderen Individuen zustimmende oder widerstrebende Affekte anzuregen: es erhebt sich die Gebärde zur Sprache!

Die Gebärdensprache der Taubstummen ist reich an Bewegungsformen der verschiedensten Art, die nur zum Teil natürlichen, ursprünglich zweckhaften Bewegungen entnommen sind, sich zum Teil aus symbolischen oder irgendwelchen verabredeten Zeichen zusammensetzen.

Moderne Philologen und Phonetiker (E. Sievers, Rutz), sind der Überzeugung, daß auch die gesprochene Sprache in ihren verschiedenen Nuancen und Tonlagen auf ganz bestimmte Typen von zweckhafter Bauch- und Brusthaltung zurückzuführen sei. Nach ihnen ist eine musikalische oder deklamatorische Leistung so sehr von einer bestimmten Einstellung der Muskeln der vorderen Bauchwand, des Zwerchfells u. a. m. abhängig, daß das eine ohne das andere unmöglich sei. An großen Untersuchungsreihen ist festgestellt, daß der einzelne Mensch nur die eine, ihm eigene (sei es vererbte oder erworbene) typische Einstellung des Körpers hat und daß deshalb nur die eine bestimmte Tonlage seines Organs, welche er zum Sprechen oder Singen braucht, natürlich klingen kann. Die Kenner dieser Bewegungen behaupten ermittelt zu haben, in welcher Körperstellung ein beliebiges Gedicht von Kunstwert gesprochen oder ein Lied gesungen werden muß, weil der Dichter oder Komponist seine Gefühle nur in Wort- oder Tonfolgen von dem ihm eigenen Typus verfaßt haben könne; ja sie gehen so weit, daß sie nach ihren Typen der Sprachmelodie bestimmen, ob Gedichte, deren Verfasser uns unbekannt sind, von einem Autor oder mehreren herstammen (die Apokalypse beispielsweise wechselt den Rhythmus und die Melodie der Sprache so sehr, daß daraus auf mehrere verschiedene Verfasser geschlossen wird). Hier wird eine Art Mimik der Bauchmuskeln festgestellt und von den natürlichen Bedingungen der Körperhaltung abgeleitet, welche für eine bestimmte Resonanz der Stimme erforderlich sind u. a. m. Ich erwähne diese Art der Betrachtung nicht, weil ich ihr zustimmen möchte, sondern nur als methodologische Erläuterung für das, was über die Ursachen der Mimik des Gesichtes gesagt werden kann.

Umformung von Geschmacksempfindungen zu Ausdrucksbewegungen

Beim Gesicht sind uns die natürlichen Grundlagen wohl bekannt, von welchen aus das viel reichere, aber auch viel mißverständlichere Spiel der Gesichtsmuskeln abgeleitet werden kann. Die Schwierigkeiten der Deutung liegen darin, daß aus unseren Mienen keineswegs nur das abzulesen ist, was in unserem Innern an primären Affekten und Vorstellungen abläuft. Der Mensch braucht im Gegenteil sehr oft das Gesicht als Maske, die gerade verbergen soll, was ihn innerlich bewegt. Deshalb wird von Kennern, welche sich auf die Psychologie der individuellen Bewegungen verstehen, irgend eine andere mit der Psyche verknüpfte Bewegung bevorzugt, z. B. das Schreiben, um zu enthüllen, was ein Individuum ist und was in ihm wirklich vorgeht (Graphologie).

Entscheidende Entdeckungen für die Deutung des Mienenspieles verdanken wir dem Studium der Triebbewegungen des Kindes vom frühesten Säuglingsstadium an. Hier sehen wir ungebrochen durch Erziehung und Konvention, wie das Körperliche, Zweckhafte zum Ausdrucksmittel für innere psychische Vorgänge wird. Beim Säugling ist anfänglich die Geschmacksempfindung am weitesten ausgebildet, die übrigen Sinne stehen weit dagegen zurück (Auge), oder sind ganz untätig (Gehör). Der Geschmack beherrscht das Mienenspiel: alles wird beleckt und geprüft. Das „Beschmecken" der Gegenstände führt zu ganz bestimmten, zweckhaften Bewegungen. Süße Gegenstände werden wie die Mutterbrust mit Zunge und Lippen angesaugt. Die Substanz kommt möglichst innig mit der Schleimhaut in Berührung. Wider-

wärtiger Geschmack ruft Öffnen des Mundes und Abfließen von Speichel hervor; vom 8. Monat ab erhält der Mund dabei eine typisch viereckige Form. Durch den Speichelabfluß wird der widerwärtige Geschmack am schnellsten beseitigt; bis das geschehen ist, werden durch Hebung der Oberlippe und Senkung der Unterlippe weitere Berührungen der Lippen, an welchen der unangenehme Geschmack haftet, mit der Zunge, dem Sitz des Schmeckorgans, möglichst verhütet. Solche Bewegungen gegensätzlicher Art — Annäherungs- und Abwehrbewegungen — werden später auch gebraucht, wenn sie nicht mehr körperlich zweckhaft sind. Sobald eine der ursprünglichen Sinnesqualität ähnliche Vorstellung in der Psyche entsteht, so wird die jener Sinnesqualität entsprechende Bewegung reproduziert. Das Mienenspiel des Sokrates, dem ein Wiesel etwas in den offenen Mund fallen läßt, verrät den gleichen Ekel, wie das eines Zuschauers, der bei dieser Begebenheit zugegen war, oder des heutigen Lesers der „Wolken" des Aristophanes, in denen der Vorfall berichtet wird; ja es genügt, daß wir uns rein in der inneren Vorstellung ein ekelhaftes Geschehnis ausdenken, ohne daß es reell je vorhanden war. Der Ausdruck als solcher ist nur der Intensität dieser Stufenfolge des Erlebens nach verschieden und deshalb in einem Fall stärker ausgeprägt als im anderen, aber qualitativ ist er der gleiche.

So rufen auch unangenehme Empfindungen die für leises Weinen und lautes Heulen gleich charakteristische viereckige Mundform hervor (Abb. 399). Bei angenehmen Empfindungen wird der Mund gespitzt. Wir kennen diese Bewegung beim Kind und bei manchen Erwachsenen als Ausdruck der prüfenden Aufmerksamkeit („Beschmecken"). Das Lippenrot ist dabei nach innen gekehrt, beim Schmollen nach außen. Das sind Reste der gegensätzlichen, einst zweckhaften Reaktionen der Annäherung und Abwehr gegenüber verschiedenen Geschmacksqualitäten.

Gesichts- und Geruchsreize

Bei den Gesichts- und Geruchsreizen sind ebenfalls spezifische Annäherungs- und Abwehrbewegungen bekannt, z. B. Öffnen oder Schließen der Augenspalte, Rümpfen der Nase zum Ausstoßen der schlechtriechenden Luft u. dgl. Statt Bewegungen der Ohrmuschel, welche bei Tieren in hohem Maß ausdrucksfähig sind, benutzt der Mensch Bewegungen des ganzen Kopfes zur Erhöhung des Hörvermögens (Lauschstellung). Die Umgebung des Auges dominiert, z. B. wird Schließen des Auges auch bei unangenehmen Geräuschen gebraucht. Bei den anfänglichen Triebbewegungen treten die Verschließ- und Öffnungsmechanismen der übrigen Sinnespforten bald als Begleitbewegungen der Mundbewegungen auf. Immer aber bleibt das fein nuancierte Spiel der Lippen das vornehmlichste Mittel der mimischen Bewegungen. Die zahlreichen Muskeln, die am Mundwinkel angreifen, sind ein Kennzeichen für die Überlegenheit dieses mimischen Instrumentes über die anderen (Abb. 393).

Abwehrbewegungen werden im späteren Leben vielfach zu Drohungen verstärkt, z. B. äußert das Kind seinen Unwillen dadurch, daß die Lippen nach außen gekehrt werden, wie beim Wegstoßen der Mutterbrust oder der Flasche. Der Erwachsene kann im Zorn die Lippe so weit heben, daß die Zähne sichtbar werden: der Mensch zeigt seine Waffen.

Die psychophysische Herleitung der mimischen Bewegungen aus dem innigen Wechselverhältnis zwischen Sinnestätigkeit und Seelenleben ist durch die genannten Beispiele nur angedeutet. Ich verweise auf ihre Begründung bei Wundt: Über den Ausdruck der Gemütsbewegungen, Deutsche Rundschau, April 1877 (ausführlich in „Völkerpsychologie", I. Bd., Sprache, S. 31—129). Mehr peripher für die hier gegebene Darstellung, aber durch zahlreiche Einzelbeobachtungen wertvoll, ist das bekannte Werk von Darwin: „Der Ausdruck der Gemütsbewegungen bei dem Menschen und den Tieren." Die Befriedigung der Begierden, welche gewisse Bewegungen bei den Tieren entstehen ließen, sind für die menschliche Mimik zu fern liegend. Das oben genannte Beispiel des Entblößens der Zähne gehört hierher, hat aber wenig Parallelen.

Intensitätsunterschiede

Weniger reich und fein ausgebildet als die geschilderten Triebbewegungen sind Intensitätsunterschiede der Gesichtsmuskulatur. Sie sind weniger bemerkbar an den Muskeln um die Sinnespforten, deutlich dagegen an dicken Muskeln wie den

Kaumuskeln, oder an Muskeln, deren veränderter Tonus in der Form des Gesichtes besonders hervortritt wie beim Bukzinator und seiner Beziehung zur Prominenz der Backe. Wie bei der militärischen Körperhaltung die Muskeln erzogen werden. weit über den unmittelbaren Gebrauch hinaus auf steter Hut zu sein, um nicht überrumpelt zu werden, und wie sie bei dem militärisch durchgebildeten Individuum auch zu Zeiten der Ruhe straff bleiben, so ist auch die Kau- und Wangenmuskulatur bei energischen Naturen tonisch gespannter, bei energielosen Menschen schlaffer. Mäßigen Tonus der Backe pflegen wir als den Ausdruck einer dauernden inneren Befriedigung, etwas stärkeren Tonus als den Ausdruck von erhöhtem Selbstbewußtsein und von Hochmut zu deuten. Allgemein gespannte Gesichtsmuskeln kommen bei heftigem seelischem Schmerz vor. Schlaff herabhängende Backen dagegen finden sich bei stumpfer Teilnahmslosigkeit, träumerischer Versunkenheit u. dgl., plötzliches Nachlassen des Tonus bei Schreck und Überraschung.

Akzessorische mimische Mittel

Zu den Muskelsymptomen kommen zahlreiche andere Folgeerscheinungen seelischer Zustände hinzu, welche am Kopf lokalisiert und besonders bemerkbar sind, wie Veränderungen der Gefäße (Röte, Blässe der Haut) und der Haarstellung (Sträuben der Haare durch die Mm. arrectores, Bd. III); in der ganzen Haltung gehören dazu: Wanken der Knie, Ohnmacht usw. Alle diese Erscheinungen sind nicht eigentlich „Ausdruck". Wir sind auch gewohnt, wohlgenährte Menschen als satte, zufriedene Naturen, buckelige als verbittert, hämisch anzusehen, weil diese körperlichen Zustände manchmal solche seelische Folgen haben. Wir irren uns mit diesem Schluß im Einzelfall ebenso häufig oder häufiger, als wir damit Recht haben. Der einzelne urteilt zwar unwillkürlich über die geschilderten Zustände, aber deshalb oft nicht weniger falsch. Es dürfte klar sein, daß alles dies für die wirklichen Ausdrucksmittel, welche der Psyche in den Muskeln des Bewegungsapparates zur Verfügung stehen, nur entfernt akzessorische Bedeutung hat. Den eigentlichen Ausdruck liefern nur die Muskeln. Zu ihnen gehören auch die Muskeln des Augapfels. Denn die Blickrichtung kann für die Mimik besonders wirksam sein; sie ist durch die Stellung des Augapfels bedingt und wird von den in der Augenhöhle verborgenen Muskeln ausgeführt (Bd. III). Im folgenden werden wir uns auf die mimischen Muskeln beschränken.

Einige der häufigsten Ausdrucksweisen sollen zum Schluß kurz anatomisch erläutert werden.

Der Ausdruck des Lachens

Das Lachen ist von der 3. Lebenswoche des Säuglings ab als Lächeln der Zufriedenheit beobachtet. Der Glanz des Auges ist dafür charakteristisch. Er entsteht durch weites Aufreißen der Augen, z. B. beim Darreichen der Brust.

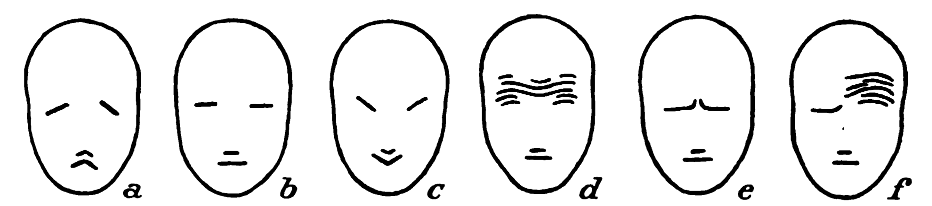


Abb. 398. Veränderungen der Mund-, Nasen- und Augenspalten, ihr Einfluß auf die Ausdrucksformen. a) Traurigkeit. b) Ruhe. c) Freude. d) Aufmerksamkeit. e) Reflexion. f) Fragende Aufmerksamkeit. a—c nach Humbert de Superville, d—e nach Mathias Duval, f nach E. Cuyer (aus Sante de Sanctis, „Mimik des Denkens" 1906).

Der Erwachsene zieht dagegen bei stärkerem Lachen den Ringmuskel des Auges zusammen und verkleinert die Lidspalte. Die Fältchen am äußeren Augenwinkel sind besonders charakteristisch und oft die ersten Alterserscheinungen (Hasenpfötchen, Abb. 400c). Sie entstehen nur durch die Kontraktion des Ringmuskels des Auges und des M. zygomaticus. Letzterer verbreitert die Mundspalte und hebt den Mundwinkel. Diese Stellung allein kann Freude ausdrücken (Abb. 398c). Wird zum Verbreitern des Mundes der M. risorius mitgebraucht, so kann dieser mit seinem von der Mundspalte abgewendeten Ende die Haut der Wange zum „Lachgrübchen" vertiefen. Die S-förmig geschwungene Form der Nasolabialfurche, eine Wirkung des M. zygomaticus, ist für das Lachen sehr charakteristisch (Abb. 400c). Ist sie dauernd, so kenn-

zeichnet sie den heiteren Charakter eines Menschen. Der Nasenflügel wird beim Lachen durch das Caput angulare des M. quadratus labii sup. gehoben.

Die Erweiterung der Nasenöffnungen ist wahrscheinlich für das Zustandekommen des Lachens am wichtigsten. Angenehme Gerüche werden dadurch begünstigt. Daneben findet sich primär die Erweiterung des Auges zur besseren Aufnahme angenehmer optischer Eindrücke. Unlustgefühle erzeugen das Gegenteil: Verschluß der Nasen- und Augenöffnungen sind für das Weinen charakteristisch, wie wir noch sehen werden. Heftiges Lachen unterscheidet sich dagegen in der Umgebung des Auges vom Weinen nur wenig, weil das Auge gegen die erhöhte Blutzufuhr durch den M. orbicularis, wenn er kontrahiert ist, wie durch eine Art Druckverband (Monokulus, S. 792) geschützt ist und vom Erwachsenen auch beim Lachen meistens geschlossen wird. Gegen die Erschütterungen des Bauches wird ganz ähnlich eine Geste angewendet, die sehr bezeichnend „sich vor Lachen den Bauch halten" genannt wird. Auch die Umgebung des Mundes kann beim Lachen und Weinen gleich sein. Am deutlichsten ist in allen Fällen der Unterschied der Öffnungsweite der Nasenlöcher.

Der Ausdruck des Weinens

Das Weinen ist dem Neugeborenen noch nicht möglich, erst nach 1 bis 2 Monaten kommen Tränen, erst später Schluchzen; Weinen ohne Töne sogar erst bei älteren Kindern. Die Bewegungen um die Mundspalte sind bei Kindern durch den viereckig geöffneten Mund charakterisiert (Abb. 399, kleineres Kind, Wirkung der vier Mm. quadrati), oft nur durch die vom M. mentalis vorgeschobene Unterlippe („Schippchen", Abb. 376). Beim Erwachsenen werden der Mundwinkel und Nasenflügel vom M. triangularis und M. depressor alae nasi abwärts gezogen, die Lidspalte wird vom M. orbicularis geschlossen und die Braue vom M. corrugator supercilii schräg gestellt (Abb. 398a). Der Gram in allen Steigerungen bis zum Todesschmerz wird oft allein durch den letzteren, den „Grammuskel", ausgedrückt, der Mißmut, die Unzufriedenheit durch den M. triangularis und M. depressor alae nasi (Abb. 400a).



Abb. 399. Weinende Kinder; das größere weint leise aus Sympathie mit dem laut heulenden Brüderchen (Photo aus Darwin: Ausdruck der Gemütsbewegungen).

Der Gegensatz zwischen Lachen und Weinen hängt genetisch mit dem bei Lust- und Unlustgefühlen gegensätzlichen Verhalten der Sinnespforten, besonders des Riechorgans zusammen (siehe oben). Die Bedeutung des geöffneten Mundes bei widerwärtigen Geschmacksreizen ist bereits geschildert (S. 814). Das Schreien, ein wesentlicher Bestandteil des Weinens beim Kind, wird dadurch besonders ver-

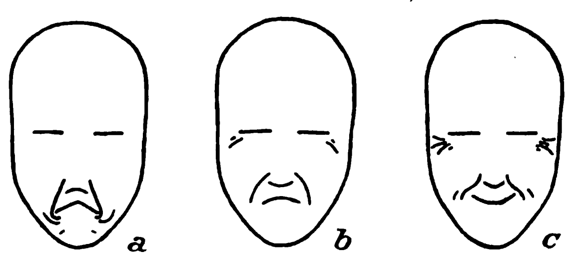


Abb. 400. Verschiedenheit der Nasenlippenfurche. a) Wirkung des M. triangularis, b) des M. quadratus labii sup., c) des M. zygomaticus (die 3 Abbildungen sind dem Werk von Duval-Gaupp, Anatomie f. Künstler entnommen).

nehmlich. Eine reziproke Beziehung der Physiognomie zum Seelenzustand ist besonders beim Grammuskel deutlich. Bringt man mit Absicht den M. corrugator in Dauerkontraktion, so ist eine traurige Stimmung für den Betreffenden fast unausbleiblich. Der Gesichtsausdruck unterhält und verstärkt ganz allgemein die Seelenzustände, die ihn erzeugt haben!

Einige andere Ausdrucksformen

Die Aufmerksamkeit, das Erstaunen, die Überraschung und das Entsetzen haben die Stirn als Hauptfeld des Ausdruckes gemeinsam. Durch den M. frontalis sind die Augenbrauen in die Höhe gezogen und die Stirnhaut ist in Querfalten gelegt (Abb. 398d). Richtet sich die Aufmerksamkeit auf konkrete Gegenstände, so erkennt man das an der Richtung des Blickes und der Enge der Pupillen. Die Konzentration auf ideelle Dinge ist durch Blick in die Ferne und durch weite Pupillen gekennzeichnet. Die geistige Arbeit hat je nach den verschiedenen Arten der damit verbundenen optischen, akustischen oder sprachlichen Erinnerungsbilder und Vorstellungen ihre eigene Mimik, die ebenfalls vornehmlich in den oberen Teilen des Gesichtes lokalisiert ist. Die „Denkerstirn" ist in der Kunst typisiert mit horizontalen Falten. Eindringliches Fragen ist oft einseitig ausgedrückt (Abb. 398f). Bei Überraschung kommt zum weiten Öffnen des Auges noch weites Öffnen des Mundes hinzu. Beim Entsetzen kann das letztere so plötzlich und krampfhaft eintreten, daß das Platysma, welches mitbeteiligt ist, breit am Halse vorspringt.

Das Öffnen der Sinnespforten und ihre Bereitstellung zur möglichst gesteigerten Aufnahme von außen kommender Eindrücke ist für alle diese Bewegungen der Ausgangspunkt gewesen. Bei Kindern, welche an heftiger Atemnot leiden, werden alle auxiliären Atemmuskeln aufs äußerste angestrengt und der Mund aufgerissen. Bei beidem hilft das Platysma. Die Angst zu ersticken, z. B. beim Krupp, wird in der heftigsten Kontraktion des Platysma äußerlich sichtbar und hilft dem Arzt echten Krupp von Pseudokrupp zu unterscheiden. So ist es ein Ausdrucksmittel des Entsetzens geworden. Auch wird der Mund als Ausdrucksmittel benutzt, wenn Kinder und manchmal auch Erwachsene, die ihre Aufmerksamkeit zeigen wollen, die Lippe vorschieben und den Mund spitzen (wie beim Saugen, S. 814). — Beim Erwachsenen ist das edelste Sinnesorgan, das Auge, für die Ausdrucksbewegung am bevorzugtesten. Nur die Umgebung des Auges ist veränderlich und von hier aus wird der Ausdruck des Auges bestimmt (S. 805). Die Stirn ist das von den Muskeln in der Umgebung des Auges hauptsächlich beherrschte Gebiet. Bei Blindgeborenen ist sie daher eigentümlich mimisch starr. In der Literatur wird sogar berichtet, daß der M. frontalis, M. corrugator supercilii und M. orbicularis oculi bei Blinden erheblich geringer ausgebildet seien als bei Sehenden. Der Ausdruck um das Auge ist bei ersteren oft ein ganz anderer, unmotivierter gegenüber dem Ausdruck um den Mund, welcher die wahre Stimmung angibt. Die oft einseitige Tätigkeit des mimischen Apparates bei geistiger Tätigkeit ist darauf bezogen worden, daß das Zentrum analog der Rechts- oder Linkshändigkeit nur in einer Hemisphäre des Gehirns liege.

Schon die zuletzt beschriebenen Ausdrucksformen, dazu aber viele andere wie Würde, Hochmut, Furcht und Feigheit, Müdigkeit und Trägheit, Bescheidenheit und Kriecherei, Zorn und Wut geben uns nur in Begleitumständen die Kriterien an die Hand, nach welchen wir erkennen, um welche Stimmung es sich handelt. Erraten wir aus dem ganzen Milieu, dem Vorhergegangenen, dem Gesprochenen die Ursachen, aus welchen der Betreffende handelt, so ist uns sein Mienenspiel verständlich und ein Beweis mehr für unsere Auffassung des Seelenzustandes. Täuschen wir uns in der Diagnose, so deuten wir auch den Gesichtsausdruck falsch, ein Beweis dafür, daß viele Ausdrucksformen an sich nichts weniger als eindeutig sind. Die Schwierigkeiten wachsen in dem Maß, als der Wille bewußt eingreift, um den wahren Seelenzustand hinter dem Mienenspiel zu verstecken, oder wenn die Miene rein konventionell geworden ist. Welche Rolle das im normalen Leben spielt, lehren solche Kranke, deren Wille die Herrschaft über das Mienenspiel verloren hat. Sie beantworten jede innere Gemütserregung oder auch das Mienenspiel von Personen in ihrer Umgebung ohne jede Hemmung mit entsprechender eigener Mimik: Echomimie.

Die Physiognomie

Für den ständigen Ausdruck unseres Gesichtes, die Physiognomie, kommt die Fülle der Erlebnisse des Individuums ganz wesentlich in Betracht. Der erlebnisarme Landmann hat nicht selten ein stumpfes, durch Erschlaffung der Haut nach grober Körperarbeit früh faltig gewordenes Gesicht, der moderne

Kulturmensch den ausgearbeiteteren, markant modellierten, „interessanten" Kopf. Wie wir in dem Duktus der Schrift von den Schriftformen anderer abhängig sind, die uns durch Erziehung oder freie Nachahmung als akzessorische Züge zu der eigenen Schrift zufallen, so steckt auch in unserem Gesichtsausdruck vieles, das zum Teil entlehnt und nichts als unbewußte Nachahmung von Mienen anderer ist, die wir aus unserer Umgebung oder aus Bildern kennen und die uns gefallen. Unausgeglichene Brüche im Gesichtsausdruck zwischen dem wahren und dem falschen (dem unserem innereren Wesen nur künstlich angeklebten) Typus erzeugen in manchen Gesichtern den Zug des Komischen, des Grotesken, die Grimasse. Zahlreiche rein körperliche Umstände, wie die Benutzung der Lippen zur Nahrungsaufnahme, zum Pfeifen, Blasen, Atmen und gewisse Zustände der inneren Organe projizieren sich zwischen die echten und falschen Ausdrucksformen. Endlich hat die Sprache in den Lippen Werkzeuge für bestimmte Laute, die Lippenlaute, welche in Wechselwirkung stehen zu der Art des Sprechens, der Tonmelodie und Resonanz des Sprechers. Die Lippen vor allem nehmen dadurch teil an dem Gesamtbild der Gebärden eines Menschen, welche der gesamten Persönlichkeit ihren spezifischen Habitus aufprägen.

Anhang.

Präparierregeln.

Ganz allgemein werden bei den Muskelpräparaten zunächst die größten Gefäß- und Nervenstämme erhalten und bestimmt. Bei fortschreitender Präparation sind sie zu opfern.

I. Kopf- und Halsmuskeln.

1. Vordere Halsmuskeln.

Bei diesem Präparat ist unter allen Umständen ein Eingehen lateral vom M. sternocleidomast. zu vermeiden, damit nicht in der Tiefe die Pleurahöhle verletzt wird.

a) Inspektion und Palpation: Unterkiefer (S. 732), Proc. mastoideus (S. 696), Protuberantia occipitalis externa (S. 685); Hyoid (S. 756), Kehlkopf, Schilddrüse; Klavikula (S. 227), Incisura jugularis (S. 148), Musc. sternocleidomast. (S. 270), Glandula submaxillaris (S. 752).

b) Hautschnitte: Besondere Vorsicht, damit das Platysma nicht verletzt wird. 1. Median vom Kinn bis zum oberen Rand des Manubrium sterni. 2. Transversal vom Kinn längs des Unterkieferrandes bis Angulus mandibulae, dann nach der Basis des Warzenfortsatzes und längs dem vorderen Drittel der Linea nuchae superior. 3. Von der Incisura jugularis längs der Klavikula bis zum Akromion.

c) Platysma (S. 748): Die sehr dünne Faszie wird nicht besonders dargestellt, sondern zusammen mit dem Fett entfernt. Der Muskel wird bis in das Gebiet der Brust verfolgt eventuell dadurch, daß auch am Brustpräparat die Haut von der Klavikula ab nach der Brustwarze zu, soweit nötig, zurückgeklappt wird. Nach Fertigstellung wird das Platysma in toto vom unteren Rand aus unterminiert und über den Kieferrand hochgeschlagen und erhalten (Aufrollen, um Trocknen zu vermeiden).

d) Fascia colli superficialis (S. 206) und M. sternocleidomastoideus (S. 270). Zuerst wird die Faszie in toto dargestellt, dann das vordere Blatt über dem Sternocleidomastoideus durch einen Längsschnitt gespalten, beiderseits zurückgeklappt, der Muskel ringsherum gesäubert und dabei das tiefe Blatt der Faszie aufgesucht. Die aponeurotische Insertion des Muskels am Schädel ist besonders zu beachten (nicht zu verwechseln mit Faszie!).

e) Fascia colli media (S. 206) und Zungenbeinmuskeln (S. 203): Die Mm. sternohyoideus, omohyoideus, sternothyreoideus, thyreohyoideus können durch abwechselndes Senken und Heben des Kopfes gespannt und entspannt werden. Ersteres wird beim Reinigen der Oberfläche, letzteres zum Eingehen in die Tiefe verwendet. (Ursprung des Sternohyoideus und -thyreoideus an der Innenfläche des Sternum vom Hals aus nicht erreichbar!) Beim M. omohyoideus ist besonders die Anheftung an die Fascia cerv. media und der dadurch bedingte gebogene Verlauf des Muskels zu studieren. Veränderungen dieser Muskelgruppe, besonders des M. sternothyreoideus, beim Vorkommen eines Kropfes.

Sind die unteren Zungenbeinmuskeln fertig, so wird die Glandula submaxillaris durch Einschneiden der Kapsel und Ausschälen des Drüsenkörpers freigelegt und der Ausführungsgang am Rand des M. mylohyoideus gesucht. Die Drüse wird herausgelöst; sie bleibt nur am Ausführungsgang hängen und wird über den Kieferrand gelegt. Zuerst Präparation des M. stylohyoideus (S. 747), dann erst des M. digastricus (S. 746). Die Verbindungen mit dem Zungenbein dürfen nicht durchschnitten werden. Beide Muskeln werden bis zum Schädelursprung

freigelegt, indem der untere Pol der Parotis kräftig nach oben gedrängt, aber nicht weggeschnitten wird. Schließlich wird der vordere Rand des Biventer aus der Fossa digastrica des Unterkiefers hart am Knochen abgelöst und der M. mylohyoideus (S. 741) freigelegt. Ist dieser präpariert, so wird er in der Mitte seiner Fasern quer durchtrennt und der M. geniohyoideus auspräpariert (S. 203). Die Zungenmuskeln werden bei diesem Präparat nicht dargestellt.

Die hinteren Halsmuskeln können erst nach Herausnahme der Halseingeweide präpariert und diese wiederum erst nach Erledigung des Brustsitus entfernt werden. Sie werden deshalb meistens erst nach der Fertigstellung des Kopfes an die Reihe kommen. Ist dagegen die Brusthöhle bereits präpariert, so können jetzt die Halseingeweide (durch den Diener) entfernt und die tiefen Halsmuskeln präpariert werden. Beschreibung siehe weiter unten.

2. Muskeln des Gesichts.

a) Inspektion und Palpation: Schädelform (S. 798), Knochenindividuen des Schädeldaches (S. 683), Nähte (S. 737), Tubera frontalia (S. 712), Linea temporalis (S. 708), Arcus zygomaticus (S. 682, 706), eventuell Crista supramastoidea (S. 705), Orbitalrand (S. 711; Incisura supraorbitalis, S. 712), Fossa canina (S. 723), Apertura piriformis (S. 726), Teile des Ober- und Unterkiefers (S. 723, 732; auch von der Mundhöhle aus abzutasten!), Parotis, Masseter (S. 756).

b) Hautschnitte: Die Haut wird in drei Lappen von der Medianlinie nach dem Ohr zu zurückgeklappt (sehr vorsichtig, ganz ohne Fett); jeder Streifen bleibt am Ohr mit einem Stiel hängen. Ein vierter Lappen kommt später am Hinterkopf dazu. Die dazu notwendigen Schnitte werden nicht auf einmal, sondern in Etappen, entsprechend dem Fortschreiten der Präparation, angelegt. 1. Etappenweise in der Medianlinie vom Kinn um Mund und Nasenöffnung lateral herum, median über Nasenrücken und Stirn bis zur Protuber. occ. ext. 2. Von der Medianlinie längs dem Außenrand der Schleimhaut der Unterlippe bis zum Mundwinkel und von dort bis zum unteren Ansatz des Ohrläppchens; zu ergänzen durch einen Schnitt entlang dem Lippenrot der Oberlippe. Der von Schnitt 2 und 3 begrenzte Lappen wird am besten von Schnitt 2 aus in der Richtung von unten nach oben gegen die Lidspalte zu abpräpariert; Schnitt 3 wird dann erst ausgeführt. 3. Von der Nasenwurzel längs der unteren Lidkante bis zum oberen Ansatz der Ohrmuschel. 4. Vom Scheitel zum oberen Ohransatz und zwar so, daß am Ohr ein daumenbreiter Stiel zwischen Schnitt 3 und 4 bleibt.

c) Mimische Gesichtsmuskulatur.

1. M. triangularis (S. 775). Er wird vom Mundwinkel nach dem Kinnrand zu freigelegt. Man sucht nach dem M. risorius Santorini.

2. Platysma (S. 748), M. quadratus labii inf. (S. 773), M. mentalis (S. 774). Man geht vom Platysma aus. Vorsicht beim Quadratus wegen der vielen durchschnittenen Hautinsertionen. Ist er medial vom Triangularis fertig gestellt, so wird der Triangularis vom Kinnrand abgelöst und gegen den Mundwinkel zurückgeklappt. Zusammenhang zwischen Platysma und Quadratus. Die Fasern des Mentalis zur Kinnhaut liegen quer durchschnitten frei; die ganze Ausdehnung wird durch Eindringen am medialen Rande des Quadratus bis zum Jugum alveolare des lateralen Schneidezahns freigelegt.

3. M. zygomaticus (S. 784). Der Muskel darf nicht abgelöst oder durchschnitten werden. Gleichzeitig wird der Ausführungsgang der Gl. parotis gesucht und bis zum Eintritt in den M. buccinator gesichert. Die Fascia parotideomasseterica (S. 758) bleibt vorläufig erhalten.

4. M. orbicularis oculi (S. 789). Er wird in seiner ganzen Ausdehnung präpariert (Pars orbitalis und Pars palpebralis). Dann wird am unteren Rand lateral und medial der Übergang in den sub 5 genannten Muskel gesucht (Caput zygomat. und angulare).

5. M. quadratus labii superioris (S. 786). Das Caput angulare und Caput zygomaticum, die bei Nr. 4 gefunden werden, sind bis zum Mundwinkel und Nasenflügel fertig zu präparieren. Dann wird der M. orbicul. hochgeklappt und das Caput infraorbitale präpariert. Der Mundansatz des Quadratus wird unterminiert und der ganze Muskel von hier aus orbitalwärts geklappt.

6. M. caninus, M. nasalis, Mm. incisivi (S. 778, 779, 784). Diese Muskeln sind jetzt in ihrer ganzen Ausdehnung zugänglich und darzustellen. Schließlich liegt der Orbicularis oris fertig vor (S. 780). Die Inzisivi können von außen oder von der Lippenschleimhaut aus dargestellt werden.

7. M. buccinator, soweit möglich durch Entfernung des Fettes der Wangengrube (S. 780).



8. M. depressor supercilii (S. 791), M. corrugator (S. 793) und M. procerus (S. 792).

9. M. frontalis (S. 794), Übergang in die Galea aponeurotica. Letztere ist in der Mitte zwischen Ohr und Medianlinie zuerst aufzusuchen.

10. Ohrmuskeln: M. auricularis superior und anterior, eventuell M. temporoorbitalis (S. 796, 797).

11. Kann die Leiche noch nicht bald gedreht werden, so werden durch Drehung des Kopfes der M. occipitalis, M. auricularis post. und die ganze Galea aponeurot. zuerst auf der einen und dann auf der anderen Seite dargestellt (S. 797). Andernfalls fährt man mit den Kaumuskeln fort und stellt jene Muskeln nach Drehung der Leiche dar.

d) Kaumuskeln.

1. Fascia parotideomasset. und Parotis (S. 758). Die Faszie ist schon bei den oberflächlichen Muskeln gereinigt worden. Jetzt wird sie gespalten und zurückgeklappt, die Drüse gereinigt und in ihrem ganzen Umfang (auch hinter dem Kiefer) herausgeschält. Sie bleibt am Ductus parotideus hängen. Das tiefste Blatt der Fascia parotidea (Auskleidung der Parotisnische) ist freigelegt.

2. M. masseter (S. 756). Zuerst wird die oberflächliche vertikale Partie präpariert, dann diese von hinten her von der tiefen schrägen Partie am Ursprung vom Jochbein abgelöst und zurückgeklappt. Die tiefe Partie wird präpariert und das Lig. temporomandibulare (S. 769) gesäubert.

3. Fascia und M. temporalis (S. 753). Die oberflächliche Faszie wird nach Zurückklappen der Mm. auriculares gesäubert, dann vom oberen Jochbogenrand abgeschnitten und von dessen Mitte aus vertikal gespalten; die beiden Hälften werden nach vorn und hinten zurückgeklappt. Nun wird die Fascia temp. profunda präpariert und darauf ebenso gespalten. Der M. temp. wird dadurch bis zum Jochbogen zugänglich und von hier aus gegen den Ursprung zu präpariert. Die Insertion wird dadurch freigelegt, daß auch die tiefe Portion des Masseter vom Jochbogen abgelöst und gegen den Kieferwinkel zurückgeklappt wird. Der Kiefer wird heruntergezogen und der Temporalis ganz freigelegt. Der Jochbogen bleibt intakt. Schließlich ist die Insertion des Temporalis hart am Proc. coronoides bis an den Masseteransatz herunter abzulösen und der Muskel unter dem Jochbogen hindurch nach oben zu schieben, um den Zugang zu den folgenden Muskeln zu gewinnen.

4. Mm. pterygoidei (S. 758, 759). Der M. pteryg. ext. ist daran kenntlich, daß seine Fasern transversal zum Proc. condyloides verlaufen (während die tiefen Temporalisfasern schräg und zum Proc. coron. ziehen). Man legt seine beiden Portionen möglichst umfänglich von vorn her frei und sucht dann vom Hals aus hinter dem Kiefer das Lig. stylomandibulare (S. 769) und den M. pteryg. int. auf. Dazu ist die Entfernung der Halseingeweide erforderlich. Können diese noch nicht ganz herausgenommen werden, so muß wenigstens der Zusammenhang mit dem Kopf gelöst werden (durch den Diener), so daß man die Eingeweide wegklappen kann. Der Pteryg. int. wird, nachdem er ganz fertiggestellt ist, von seiner Insertion am Angulus mandibulae unter Schonung des Lig. sphenomandibulare (S. 769) losgeschnitten und dadurch der Zugang von innen zum Pteryg. ext. gewonnen. Dieser ist auch von hier aus zu präparieren.

5. Kiefergelenk (S. 762). Man säubert das Lig. sphenomandibulare und die ganze Kapsel, öffnet dann von vorn die beiden Kammern des Gelenkes. Diskus. Schließlich wird der Unterkieferkopf ganz exartikuliert und dadurch der M. pteryg. ext. besser übersehbar als bisher. Seine Funktion ist zu ermitteln.

e) Tiefe Halsmuskeln. Sie können erst vollständig präpariert werden, wenn die Hals- und Brusteingeweide entfernt sind. Eventuell ist deshalb dieser Teil des Präparates erst später nachzuholen und inzwischen eine andere Präparation anzufangen. Die drei Scaleni (S. 201) werden präpariert, die großen Gefäß- und Nervenbündel gesäubert und dann entfernt, so daß die beiden Skalenuslücken deutlich werden. Zuletzt werden der Musc. longus colli et capitis und der Rectus capitis anterior präpariert (S. 208; der R. cap. lat. wird beim Rücken präpariert.)

II. Gesamtmuskulatur des Rückens.

1. Inspektion und Palpation: Wirbeldornen (S. 81, 86). Schultergürtel (S. 227), Darmbeinrand (S. 460), Musc. latissimus und M. trapezius (S. 248, 269).

2. Hautschnitte: a) in der Medianlinie von der Protuberantia occipitalis externa bis zum Os coccygis; b) transversal, längs der Linea nuchae superior; c) vom Os coccygis längs der Crista iliaca soweit wie möglich nach vorn; d) eventuell ein transversaler Hilfsschnitt in der Höhe der Spina scapulae. Die Hautlappen werden von der Medianlinie aus nach den Seiten zu abpräpariert.

3. Oberflächliche Rückenmuskeln. (Ursprünglich ventrale Muskeln.)

a) Oberflächliche Faszie (S. 270, 251) und ihre Beziehungen zu der Faszie des Halses und des Bauches.

b) M. trapezius und latissimus (S. 268, 248). Reinigen der Muskeln, des Trigonum lumbale Petiti (S. 174) und danach der aponeurotischen Teile. Die Rippenursprünge des Latissimus sind scharf zu sondern. Der sehnige Ursprung des Trapezius von der Linea nuchae superior und die Fascia lumbodorsalis dürfen nicht verletzt werden. Nach Fertigstellung beider Muskeln wird zunächst der Trapezius durch einen Bogenschnitt, welcher seine Fasern in der Mitte trifft, zertrennt und nach beiden Seiten zurückgeklappt, dann die oberste Partie des Latissimus fertiggestellt und der Latissimus durch einen entsprechenden Bogenschnitt ebenfalls in zwei Teile zerlegt. Der mediale Teil des Muskels wird zur Schonung der Fascia lumbodorsalis nur soweit zurückpräpariert, als die Muskelfasern reichen. (Achten auf den M. serratus posterior inferior!)

c) M. rhomboides und M. levator scapulae (S. 259, 261). Bei letzterem ist besonders auf die Darstellung der Ursprungszacken zu achten, welche bis an die Querfortsätze der Halswirbel verfolgt werden müssen, ohne die umliegenden Muskeln zu verletzen. Der Muskel wird zunächst von lateral her präpariert, dann ringsherum freigelegt. Nach Fertigstellung beider Muskeln werden sie in der Mitte quer durchtrennt. (Ist die Brust schon vorher präpariert, so kann jetzt der Arm abgelöst werden, indem der Serratus anterior auf seiner Innenseite präpariert und dann in der Mitte seiner Fasern quer durchtrennt wird.)

d) Mm. serrati posteriores (S. 107). Beim Serratus posterior inferior achte man auf die dachziegelförmige Übereinanderlagerung der Muskelbäuche und trenne nach der Präparation des Muskels im ganzen zuerst den obersten Muskelbauch von seinem Rippenursprung, um den zweiten vervollständigen zu können, dann den zweiten ebenso usw.

e) Die medialen Teile des durchschnittenen M. trapezius, rhomboides und serratus posterior superior werden dicht an dem Ursprung von der Wirbelsäule bzw. dem Ligamentum nuchae (dieses schonen!) abgetrennt und entfernt.

4. Tiefe Rückenmuskeln (wirklich dorsale Muskeln):

a) Spinotransversales System: M. splenius (S. 102). Zuerst wird der Kopfteil, dann der Halsteil präpariert, letzterer durch Sonderung der einzelnen Insertionen an den Querfortsätzen der Halswirbel. Zum Schluß wird der Muskel in der Mitte seiner Fasern quer durchtrennt und nach beiden Seiten zurückgeklappt (unter Schonung des Ligamentum nuchae).

b) Sakrospinales System: M. iliocostalis (S. 99). Zunächst wird die Fascia lumbodorsalis in der Mitte über dem Komplex des Iliokostalis und Longissimus der Länge nach bis etwa 3 cm von der Crista iliaca entfernt gespalten und stumpf von den Muskeln gelöst, um den Übergang des oberflächlichen in das tiefe Blatt und die Befestigungen an der Wirbelsäule und damit die röhrenförmige Scheide zu zeigen, welche die Fascia lumbodorsalis um die Muskeln bildet (vgl. Abb. 97, 108). Nach Darstellung der Oberfläche des Muskels werden zuerst die Zacken, welche an den unteren Rippen inserieren, isoliert, so daß man sie umgreifen kann (nicht vergessen die versteckte, aber dicke Zacke zur letzten Rippe). Ebenso alle folgenden Insertionen bis zur Halswirbelsäule Darauf wird die Grenze zwischen Iliokostalis und Longissimus gesucht (kleine Gefäße!) und unter Abdrängen des Iliokostalis nach der Seite der Zugang zu den akzessorischen Ursprüngen gefunden. Schließlich muß der Muskel so in seinen einzelnen Bestandteilen klargelegt sein, daß man durch Anheben desselben die rechtwinklige Überkreuzung von Ursprungs- und Ansatzbäuchen sehen kann. Isolation der Pars lumbalis, Pars thoracalis und Pars cervicis.

M. longissimus (S. 100). Zuerst werden die lateralen Insertionen präpariert und die einzelnen Zacken gesondert. Bei Präparation der medialen Seite begrenzt man zunächst den M. longissimus gegen den M. spinalis, indem man darauf achtet, welche Fasern zu den Dornen verlaufen und welche in den Bauch des Longissimus wirklich eintreten. Nur letztere gehören zum Longissimus. Sehr häufig finden sich Übergangsbündel. Man dringt nun an der medialen Seite in die Tiefe ein, indem man die akzessorischen Ursprungssehnen von den Dornen der Lendenwirbelsäule loslöst und die medialen Insertionen aufsucht. Sonderung gegen den M. multifidus und M. semispinalis, die daran zu erkennen sind, daß sie von den Querfortsätzen zu den Dornfortsätzen verlaufen (auch hier gelegentlich Übergangsbündel). Dabei ist auf den Übergang des oberflächlichen Blattes der Fascia lumbodorsalis in das tiefe Blatt und auf die Beziehungen zum M. transversus abdominis zu achten. Zum Schluß werden die einzelnen Teile des Longissimus (Pars lumbalis, thoracalis, cervicis, capitis) scharf gegeneinander gesondert.

c) Spinales System: M. spinalis (S. 97). Der Spinalis thoracis wird nach seiner Sonderung über die Dornfortsätze nach der anderen Seite geklappt. Spinalis cervicis und capitis müssen sorgfältig gesucht werden, fehlen aber oft. Schließlich wird der ganze Longissimus mit Ausnahme der Pars capitis entfernt.

d) Transversospinales System: 1. M. semispinalis capitis und cervicis (S. 95). Um den Semispinalis cervicis präparieren zu können, muß der M. semispinalis capitis nach seiner Fertigstellung in der Mitte seiner Fasern durchtrennt und zurückgeklappt werden. Um den Semispinalis thoracis begrenzen zu können, zählt man die Wirbel, welche zwischen den Ursprüngen von den Querfortsätzen und der Insertion an den Dornfortsätzen liegen (vier oder mehr übersprungene Wirbel!). Dabei ist nicht zu vergessen, daß die Dornfortsätze der Brustwirbel schräg nach unten gerichtet sind und bis in die Höhe der Querfortsätze des nächsten oder übernächsten Wirbels abwärts reichen. Ist der Semispinalis beendigt, so wendet man sich 2. zum Multifidus (S. 94). Zunächst wird der Muskel vom Sakrum aufwärts bis zum unteren Rand des Semispinalis präpariert, dann der Semispinalis thoracis und cervicis vollständig entfernt und der Multifidus bis zum zweiten Halswirbel ergänzt. 3. Rotatores (S. 91). Während der Multifidus 2—3 Wirbel überspringt, überspringen die Rotatores einen bzw. keinen. Man überzeugt sich zunächst an einer Stelle der Brustregion, indem man solange in die Tiefe geht und Teile des Multifidus abträgt, bis man von einem bestimmten Querfortsatze aus Bündel findet, die nur einen Wirbel überspringen. Es werden dann alle gleichartigen Muskelbündel von den übrigen Querfortsätzen aus dargestellt unter vollständiger Entfernung des Multifidus. Der Rotator brevis wird ebenso zunächst von einer Stelle aufgesucht und daran erkannt, daß er fast transversal von den Querfortsätzen zu den danebenliegenden Dornfortsätzen der nächst höheren Wirbel verläuft.

e) Muskeln zwischen dem Schädel und den Drehwirbeln (S. 91). Nacheinander dargestellt werden der M. rectus capitis posterior major und minor, obliquus capitis superior und inferior. Schließlich wird der Obliquus capitis superior von seinem Ansatz vom Os occipitale abgelöst, zurückgeklappt und in der Tiefe vom Querfortsatz des Atlas aus der Rectus capitis lateralis aufgesucht (S. 106).

f) Mm. interspinales (S. 90), intertransversarii (S. 90, 106), levatores costarum (S. 106), intercostales (S. 156).

g) Ligg. interspinalia, Ligamentum supraspinale und Ligamentum nuchae (S. 110). Verbindungen der Wirbel mit den Rippen (S. 112).

III. Brust-, Schulter- und Armmuskeln.

Die Beschreibung gilt für den Fall, daß die Leiche zuerst auf dem Rücken liegt. Liegt sie in Bauchlage, so richtet man sich nach der weiter unten folgenden Beschreibung der Rückenseite. Wird die Leiche während der Präparation gedreht, so wird die jetzt oben liegende Seite vom Anfang der Präparierregeln über diese Körperseite an präpariert, nicht von einer beliebigen, etwa gerade auf der anderen Seite erreichten Stelle an. Ist bei Beginn des Präparates die Brust mit der oberen Gliedmasse bereits von der Leiche abgetrennt oder wird sie später losgelöst, so nimmt man für jede der vier einzelnen Regionen (Brust, Schulter, Oberarm, Unterarm mit Hand) jeweils zuerst die Vorderseite und dann die Hinterseite vor.

A. Vorderseite.

1. Brust und Schulterregion.

a) Inspektion und Palpation: Sternum (S. 148), Klavikula (S. 227), Akromion (S. 228). Abzählen der Rippen (S. 141), Rippenbogen, Grenzen des M. pectoralis major in verschiedenen Stellungen (S. 256). M. deltoides (S. 241), Fossa infraclavicularis (S. 254), die Achselhöhle mit ihren Begrenzungen (S. 257).

b) Hautschnitte: 1. Median von der Incisura jugularis bis gegen den Schwertfortsatz. 2. Längs der Klavikula bis zum Akromion und von dort in der Richtung auf den Epicondylus radialis humeri bis in die Höhe des Ansatzes des Pektoralis. 3. Transversal vier Finger breit unterhalb der Brustwarze; soweit dorsalwärts wie möglich.

c) Lamina superficialis fasciae pectoralis (S. 258), Platysma (S. 748, eventuell M. sternalis, S. 257). Falls das Platysma noch nicht von dem Halspräparanten dargestellt ist (oder dargestellt werden kann), wird es zunächst präpariert und nach dem Hals zu zurückgeklappt. Die Faszie wird dargestellt, indem

das Fett in einer kompakten Platte von der Medianlinie aus weggenommen wird. Man berücksichtige dabei die V. cephalica (S. 255) und lasse sie später bei Wegnahme der Faszie stehen. Bei dem Präparieren der Faszie achte man in der Gegend des Brustbeins auf das eventuelle Vorhandensein eines M. sternalis.

d) M. pectoralis major (S. 254): Präparation des Muskelbauches in der Richtung der Fasern und Bestimmung der einzelnen Teile des Muskels. Man verletze nicht die vordere Rektusscheide, wenn die Pars abdominalis präpariert wird. Der untere Rand des Muskels wird gegen die Unterlage isoliert und dann der Muskel sukzessive von seinen Ursprüngen abgelöst. Man studiere dabei die Ursprünge von den Rippen. Reinigen der Hinterseite des Muskels und seiner Tasche an der Insertion.

e) M. deltoides (S. 240): Der Muskel wird soweit präpariert, als er von der Vorderseite aus zugänglich ist. Der hintere Rand kann erst nach Drehung der Leiche fertiggestellt werden.

f) Lamina profunda der Fascia pectoralis (S. 253) und M. pectoralis minor (S. 252): Die Faszie wird in ihrer ganzen Ausdehnung dargestellt (Anheftung an Korakoid und Klavikula), dann entfernt, der M. pectoralis minor präpariert und schließlich von seinem Ursprung an den Rippen abgelöst und gegen das Korakoid zurückgeklappt.

g) Fascia coracoclavipectoralis (S. 253) und M. subclavius (S. 266): Der Strang der Blutgefäße und Nerven wird gesäubert, die derbe Faszie eingeschnitten und der Subklavius präpariert.

h) M. serratus anterior (S. 262): Es ist notwendig, zuerst den vorderen Rand des Latissimus frei zu präparieren, um ihn vor Verletzungen zu sichern. Man achte auf das eventuelle Vorhandensein eines Achselbogens (S. 251). Bei der Reinigung des Serratus berücksichtigt man besonders den Ursprung der obersten Partie am Arcus tendineus zwischen 1. und 2. Rippe. Man präpariere ihn in der Richtung vom Serratus nach dem Sternum hin. Falls das Halspräparat weit genug gediehen ist (man frage den Assistenten), kann jetzt die Klavikula in der Mitte durchsägt, der Subklavius durchtrennt und dadurch die Schulter soweit gesenkt werden, daß der Serratus gespannt wird. Der Serratus wird nicht durchschnitten. Die Mm. intercostales werden, falls der Brustsitus noch nicht gemacht ist, nicht präpariert.

i) Der M. subscapularis (S. 245) wird, soweit es in diesem Stadium möglich ist, gereinigt und das Gefäßnervenbündel entfernt.

2. Muskeln des Arms.

a) Inspektion und Palpation: Humerus mit seinen Vorsprüngen (S. 304), Kubitalwinkel (S. 307), Stellung des Olekranon zu den Epikondylen des Humerus (S. 381), Pronation und Supination (S. 320), Vorsprünge an der Handwurzel und Lage der Gelenkspalten (S. 389, 394).

b) Hautschnitte: Sie werden nicht auf einmal ausgeführt, sondern zunächst wird nur das Arbeitsgebiet am Oberarm freigelegt, erst später das am Unterarm und zuletzt das an der Hand nebst Fingern. 1. Fortsetzung des lateralen Schnittes am Oberarm in Etappen, und zwar über den Epicondylus lateralis humeri herüber bis zum Proc. styloides radii. 2. Transversal vom Proc. styloides radii um die Handwurzel herum. 3. Längsschnitt in der Mitte des Handtellers in der Richtung auf den 3. Finger bis zu dessen Basis. 4. Querschnitt längs der Basis sämtlicher Finger. 5. Je ein Schnitt auf der Volarseite eines jeden Fingers dessen Länge nach.

c) Fascia brachii (S. 333): Beziehungen zur Unterarmfaszie und zum Lacertus fibrosus. Septa intermuscularia.

d) M. biceps brachii und M. coracobrachialis (S. 325, 251). Der Arm wird gestreckt, um die Muskeln zu spannen. Ist die Oberfläche der Muskeln präpariert, so wird der Arm gebeugt und dadurch der Zugang zur Unterfläche der Muskeln geschaffen. Man kann die lange Sehne des Bizeps nur bis zum Schultergelenk präparieren und muß die Vagina intertubercularis (S. 286) schonen.

e) M. brachialis (S. 323): Der Muskel kann bei gebeugtem Arm in seinem ganzen Umfang ohne Durchschneidung des Bizeps präpariert werden.

f) Fascia antebrachii (S. 369): Nachdem die Faszie mit ihren Anheftungen an den Knochen dargestellt ist, wird der Lacertus fibrosus bis zur Ulna künstlich aus ihr isoliert. Im übrigen wird die Faszie in der Richtung von distal nach proximal entfernt, soweit die Unterarmmuskeln nicht mit ihr aponeurotisch verbunden sind.

g) Oberflächliche Muskeln des Unterarms: 1. M. pronator teres (S. 347). In Streckstellung des Armes wird das Caput humerale, dann bei stark gebeugtem Arm das Caput ulnare aufgesucht. Die Vorderseite des Brachioradialis wird jetzt schon gereinigt. 2. M. flexor carpi radialis (S. 348). Er wird soweit

wie es ohne Verletzung möglich ist, vom vorhergehenden und vom folgenden getrennt. 3. M. palmaris longus (S. 350). Er kann fehlen. 4. M. flexor carpi ulnaris (S. 351). Man hüte sich, bei der Präparation des Ursprungs den natürlichen Zusammenhang mit der Ulna, der bis gegen den Proc. styloides ulnae herabreichen kann, zu verletzen. 5. M. flexor digitorum sublimis (S. 344). Beim Eindringen am oberen Rand des Ligamentum carpi transversum ist Obacht zu geben, daß die Sehnenscheiden der langen Beuger nicht angeschnitten werden. Es wird festgestellt, welche Bäuche des Muskels volar und welche dorsal liegen.

h) Tiefe Muskeln der Beugeseite: Diese werden zugänglich, wenn der Arm im Ellenbogen gebeugt und die Hand in Volarflexion gebracht wird, ohne daß von den oberflächlichen Muskeln etwas zerschnitten werden darf. 1. M. flexor digitorum profundus (S. 339). 2. M. flexor pollicis longus (S. 344). Zwischen beiden wird die Membrana interossea freigelegt und gereinigt. 3. M. pronator quadratus (S. 338).

i) Volarfläche der Hand: 1. Palmaraponeurose und M. palmaris brevis (S. 436, 447). 2. Muskeln des Daumenballens (S. 448, mit Ausnahme des Adduktors). Um den Opponens zu finden, sucht man lateral vom Abduktor, der zuerst präpariert sein muß, diejenigen Fasern auf, die am Radialrande des Metakarpale I. inserieren. 3. Sämtliche Muskeln des Kleinfingerballens (S. 447). 4. Ligamenta vaginalia digitorum (S. 436). Die Ligamenta anularia und cruciata werden zuerst aufgesucht und dann künstlich isoliert. Die Palmaraponeurose wird an ihren Zipfeln abgelöst und gegen das Ligamentum carpi (S. 370) zurückgeklappt. Dadurch werden die Sehnenscheiden distal vom Lig. carpi transversum zugänglich und durch Einführung der Sonde studiert (S. 371).

k) Mm. lumbricales (S. 428), M. adductor pollicis (S. 448) und Mm. interossei (S. 428, 430): Aufsuchen der Lumbrikales. Dann wird das Lig. carpi transversum sorgfältig in seiner Mitte gespalten, die Sehnenscheiden der Finger werden durch einen Längsschnitt geöffnet, die Vincula tendinum aufgesucht und die Sehnen völlig aus dem Canalis carpi herausgelöst. Die Lumbrikales dürfen nicht zerschnitten oder zerrissen werden. Nachdem der Adductor pollicis präpariert ist, wird sein Caput transversum vom Ursprung am Metakarpale III. abgelöst und gegen den Daumen zurückgeklappt. Sieben Mm. interossei und ihre Beziehungen zu den Dorsalaponeurosen (S. 432).

B. Dorsalfläche.

1. Schulterregion.

Wenn der Rücken noch nicht präpariert ist, wird ein Hautschnitt rings um den Rand der Skapula herumgeführt, welcher kranial nach dem Arm zu am Akromion in den früher beschriebenen lateralen Hautschnitt einmündet. Alle Muskeln, außer dem Supraspinatus, können dann präpariert werden; der letztere wird nachgeholt, sobald der Rückenpräparant den Trapezius fertiggestellt hat. Bei der folgenden Beschreibung ist vorausgesetzt, daß der Rücken bereits präpariert ist.

a) Inspektion und Palpation: Skapula (S. 228), Achselhöhle (S. 257), Humeruskopf unter Deltamuskel (S. 241).

b) Hautschnitte: Die Hautlappen des Rückenpräparates werden so weit nach der Seite zu zurückgeklappt, daß die Schulterregion frei vorliegt. Neue Hautschnitte sind nicht nötig.

c) M. deltoides (S. 240): Die hintere Hälfte des Muskels und besonders sein hinterer Rand werden gesäubert, letzterer durch Verfolgung der hintersten Muskelfaser von der Insertion auf den Ursprung zu. Künstliche Begrenzung gegen die Faszie des M. infraspinatus. Darstellung der Muskelpfeiler und endlich Loslösung des Muskels von seinem ganzen Ursprung von der Skapula und Klavikula. Präparation der Bursa subacromialis (S. 237) und Zurückklappen des Deltoides bis zu seiner Insertion, Reinigung der Unterfläche.

d) M. infraspinatus, teres minor und teres major (S. 238, 240, 246). Zunächst wird die Fascia infraspinata dargestellt und, soweit sie nicht aponeurotisch ist, entfernt. Bei der Darstellung der Muskeln wird besonders auf die richtige Trennung des Teres minor vom Infraspinatus geachtet (von der Insertion her). Scharfe Begrenzung der äußeren und inneren Achselstücke (S. 247). Achtung vor Verletzung der Gelenkkapsel! Falls die Beugefläche des Armes bereits präpariert ist, wird jetzt der Arm abgelöst und die Schnittfläche der Rücken- und Schultermuskeln, welche an der Skapula, Klavikula und am Humerus inserieren, genau gesäubert.



e) M. supraspinatus (S. 236): Dieser Muskel wird dadurch zugänglich, daß der Trapezius von seiner Insertion an der Klavikula losgelöst und über die Spina scapulae zurückgeklappt wird. Außen vom Akromion findet man die Sehne des M. supraspinatus unter der Bursa subacromialis. Achtung vor Verletzung der Gelenkkapsel!

2. Dorsale Muskeln des Arms und der Hand.

a) Inspektion und Palpation: Vorsprünge des Humerus (S. 305), der Ulna (S. 311), des Radius (S. 310), Processus styloides des Metakarpale III. (S. 440), Tuberositas des Metakarpale V. (S. 440). Lage der Gelenkspalten am Dorsum der Hand (S. 390, 394) und am Dorsum der Finger (S. 439, 440). Tabatière (S. 357). Sehnen auf der Dorsalseite der Hand (S. 361).

b) Hautschnitte: Außer den bei der Vorderseite beschriebenen Hautschnitten ist am Arm selbst kein Schnitt mehr nötig; an der Hand wird der zirkuläre Schnitt um die Handwurzel auch dorsalwärts durchgeführt und ebenso die Schnitte quer über die Basis der Finger zirkulär um jeden Finger herum weitergeführt. Dann läßt sich die Haut vom Handrücken und den einzelnen Fingern ohne weiteres abziehen.

c) Fascia brachii (S. 333): Nach Fertigstellung derselben wird sie in der Mitte durch einen Längsschnitt gespalten und zurückgeklappt.

d) M. triceps (S. 328): Man beginnt mit dem Caput laterale, präpariert dann das Caput longum und schließlich das Caput mediale zunächst an der medialen, dann an der lateralen Seite des Armes. Zum Schluß wird das Caput longum unterminiert und der spiralförmige Verlauf der Ursprungslinie des Caput mediale aufgedeckt.

e) M. anconaeus (S. 333): Seine Präparation schließt sich an die des Caput mediale des Trizeps an. Die hier sehr derbe Fascia antebrachii muß über dem Muskel entfernt werden, so daß dieser bis zur Insertion an der Crista dorsalis ulnae freiliegt. Begrenzung gegen den M. extensor carpi ulnaris.

f) Fascia antebrachii (S. 369): Ist die Faszie präpariert, so wird das Lig. carpi dorsale künstlich begrenzt (S. 370) und dann die Faszie außer ihren aponeurotischen Teilen in der Nähe der Ellenbeuge entfernt.

g) Radiale Muskelgruppe der oberflächlichen Schicht (S. 365): Man präpariert nacheinander den M. brachioradialis, M. extensor carpi radialis longus und brevis.

h) Ulnare Muskelgruppe der oberflächlichen Schicht (S. 358): Man präpariert nacheinander den M. extensor digitorum communis, extensor digiti V. proprius und extensor carpi ulnaris. In starker Dorsalflexion der Hand lassen sich die Muskeln vollständig säubern und nach ihrer Sonderung so weit beiseite schieben, daß die folgende Schicht zugänglich wird, ohne die bisher präparierten Muskeln zu schädigen.

i) Tiefe Schicht (S. 353): Hier sind zu präparieren der M. extensor pollicis longus, M. extensor pollicis brevis, M. abductor pollicis longus, M. extensor indicis proprius. Der M. supinator wird in ganzer Ausdehnung zugänglich, wenn man zwischen dem M. extensor digitorum communis und M. extensor carpi ulnaris durch künstliche Trennung beider Muskeln voneinander proximalwärts in die Tiefe vordringt, dann ebenso zwischen M. extensor carpi ulnaris und M. anconaeus bis auf die Crista supinatoria der Ulna. Dabei muß häufig noch der M. ext. dig. comm. vom M. supinator abpräpariert werden. Schließlich wird noch der M. extensor carpi ulnaris über dem M. supinator unterminiert. Die Lage des M. supinator zum Radius ist dann ganz zu übersehen.

k) Am Handrücken werden die Insertionen aller unter g, h und i genannten Muskeln festgestellt und die Dorsalaponeurosen der Finger präpariert (S. 431). Die Beziehungen zu den Lumbrikales und Interossei sind von vornherein zu beachten. Die sechs Sehnenfächer unterhalb des Lig. carpi dorsale werden der Reihe nach einzeln sondiert (S. 373; sie werden nicht aufgeschnitten).

l) Mm. interossei externi (S. 430): Sonderung gegenüber den Mm. interossei interni durch Feststellung der Insertion und der Lage zu einer durch den Mittelfinger gelegten Achse. Um den ganzen Verlauf sämtlicher Interossei freilegen zu können, werden die Ligamenta transversa capitulorum metacarpalium (S. 437) durchschnitten und entfernt.



IV. Gelenke der oberen Extremität.

Die Ablösung der Muskeln darf erst begonnen werden, wenn alle an Hand der Vorschrift über die Muskelpräparation fertig präpariert, genau bestimmt und in allen Einzelheiten bekannt sind und erst nach eingeholter Erlaubnis beim Leiter der Übungen. Abtestieren! Die Muskeln werden in der Reihenfolge abgelöst, in welcher die Gelenke präpariert werden, und zwar immer nur so viele, um ein Gelenk (oder eine Gruppe von Gelenken) freizulegen. Jeder Muskel wird im allgemeinen einzeln von Ursprung und Insertion hart am Knochen abgelöst (Ausnahmen sind besonders aufgeführt). Die Articulatio sternoclavicularis ist durchtrennt, um den Arm abzulösen (man studiere das sternale Gelenkende der Klavikula, eventuell mit Diskus, S. 273).

A. Articulatio acromioclavicularis (S. 277).

Das Lig. acromioclaviculare und coracoacromiale werden gesäubert, ebenso das Lig. transversum scapulae sup. Um die beiden Teile des Lig. coracoclaviculare richtig darzustellen (S. 280), beachte man ihre Lage zur Richtung des M. subclavius (das Lig. trapezoides liegt nach vorn, das Lig. conoides nach hinten von ihr). Man prüfe das Hängen des Armes am Bandapparat (S. 288).

B. Articulatio humeri (S. 281).

Aufsuchen der Befestigungen des M. supraspinatus, infraspinatus, teres minor, teres major und latissimus am Gelenk. Von diesen Muskeln bleibt je ein kleines Stück der Insertion stehen, damit die Gelenkkapsel nicht verletzt wird. Der Supraspinatus wird in der Mitte quer durchschnitten; die distale Hälfte wird durch den engen Kanal zwischen Lig. coracoacromiale und Gelenkkapsel nach außen durchgeschoben und dann größtenteils abgetragen. Die Bursa subacromialis (S. 237) wird dabei zerstört (sie liegt außen auf der Sehne dieses Muskels; man verwechsle sie nicht mit dem Gelenk, das erhalten bleiben muß).

Zuletzt wird der M. subscapularis in der Mitte quer durchschnitten. Beim Zurückklappen Vorsicht, um die Bursa subscapularis zu schonen (S. 286; die Verbindung mit dem Gelenk kann erst später gesucht werden).

Man achte besonders auf die Vagina intertubercularis (S. 286). Teile der Synovialhaut sind auf alle Fälle auf der Sehne des langen Bizepskopfes (bis zum Ansatz des M. pectoralis major hin) noch nachweisbar, auch wenn bei der Muskelpräparation die Scheide der Sehne verletzt worden sein sollte. Beziehung zu den Bewegungen im Schultergelenk!

Das Lig. coracohumerale (S. 283) findet man von der Wurzel und lateralen Seite des Proc. coracoides aus. Es ist zum großen Teil in die Kapsel eingewebt; deshalb ist seine wahre Stärke erst später nach Eröffnung der Kapsel durch das Gefühl (Abtasten zwischen zwei Fingerkuppen) zu erkennen.

Wenn die Kapsel gereinigt ist, wird bestimmt, wie weit der Humerus in ihr bewegt und der Gelenkkopf in ihr seitlich verschoben werden kann. Lage der Anheftungslinie der Kapsel zu den Knochen (Epiphysenlinie). Dann Eröffnung der Kapsel von hinten: nur das Lig. coracohumerale bleibt erhalten. Ursprung der Sehne des langen Bizepskopfes, Labrum glenoidale.

C. Articulatio cubiti (S. 374).

Beim Abtragen des M. brachialis und M. triceps werden die Anheftungen an der Gelenkkapsel beachtet; kleine Stücke der Insertionen dieser Muskeln bleiben erhalten. Man verschaffe sich einen klaren Einblick in die Beschaffenheit und Bedeutung der Septa intermuscularia und Logen am Oberarm (S. 333, 334). Lig. collaterale mediale (S. 384): Man stelle die Pars anterior, posterior und transversa dar. Das Lig. collaterale laterale wird im Zusammenhang mit dem Lig. anulare radii präpariert (S. 385, 382). Man schone dabei den Recessus sacciformis unterhalb des letzteren und studiere seine Beziehung zur Rotation des Radius (S. 386). Die vordere und hintere Kapselwand mit den ihr eingelagerten Bandzügen werden gesäubert und dann entfernt; die Ligg. collateralia und das Lig. anulare bleiben erhalten. Bewegungen des Gelenks. Darstellung der Chorda obliqua antebrachii und Membrana interossea (S. 308). Diese bleiben erhalten.

D. Bandapparat der Hand (S. 395).

Falls die Sehnenfächer auf der Dorsalseite der Handwurzel (S. 373) noch nicht geöffnet sind, geschieht dies jetzt. Jedenfalls wird die Lage aller Sehnen

auf der Volar- und Dorsalseite der Handwurzel bestimmt, ehe die Muskeln abgelöst werden. Beim Ablösen der Interossei und Lumbrikales wird die Beziehung zur Dorsalaponeurose besonders beachtet (S. 431). Man löse die Dorsalaponeurose bei einem Finger im ganzen ab und betrachte sie von der Knochenseite.

Zuerst wird bei stark volarwärts flektierter Hand das Lig. radiocarpeum dorsale (S. 397) präpariert; dann die Ligg. intercarpalia dorsalia (S. 399), von denen meist ein langer Zug vom Navikulare bis zum Triquetrum zu verfolgen ist, schließlich die Ligg. carpometacarpalia dors. und Ligg. basium oss. metac. dors. (S. 401). Die dünnen Teile der Gelenkkapseln müssen sorgfältig geschont werden.

Dann wird bei abduzierter Hand jedes der Ligg. collateralia (S. 398) gesäubert. Den Schluß bildet die Präparation der volaren Bandapparate. Die Hand wird stark dorsalwärts flektiert. Das Lig. radiocarpeum volare (S. 396) ist immer stark, das Lig. ulnocarp. vol. (S. 397) schwach und nicht immer vorhanden. Das Lig. pisohamatum und Lig. pisometacarpeum werden scharf begrenzt (S. 400). Vom Kapitatum aus wird das Lig. carpi radiatum dargestellt (S. 399). Ein Streifen des letzteren geht vom Kapitatum bis zum Proc. styloides radii und hängt mit dem Lig. collaterale radiale zusammen. Zuletzt sind die Ligg. carpometacarpea volaria und Ligg. basium metac. vol. zu suchen (S. 401).

Die Bewegungen in den einzelnen Gelenken der Handwurzel sind zu bestimmen, ehe diese eröffnet werden (S. 414—424).

E. Eröffnung des distalen Radioulnargelenks (S. 387).

Mit der Spitze des Messers dringt man von der Dorsalseite zwischen Ulna und Radius hart an der ersteren in der Längsrichtung ein, wendet im rechten Winkel um und schneidet die Kapsel zwischen Ulna und Discus articularis bis hart an den Proc. styloides ulnae durch. Das Handgelenk muß intakt bleiben!

F. Eröffnung des Radiokarpalgelenks (S. 389) und Interkarpalgelenks (S. 393).

Beide Gelenke werden von der Dorsalseite her mit der Spitze des Messers genau ihrem Verlauf entsprechend geöffnet; dann wird die Lage der Ligg. interossea (S. 401) zwischen den Knochen der ersten Handwurzelreihe bestimmt. Das Gelenk des Pisiforme ist zu öffnen (S. 393). Die Beziehung der Gelenkspalten zu allen Flexions- und Abduktionsbewegungen der Hand muß ganz klar sein, ehe weiter fortgeschritten wird (S. 414—424).

G. Eröffnung der Amphiarthrosen zwischen den Karpalia und den Metakarpalia des 2.—5. Fingers (S. 375, 437).

Von der Dorsalseite wird zuerst mit der Spitze des Messers die ganze Gelenklinie geöffnet und dann festgestellt, wo Kommunikationen mit dem Interkarpalgelenk existieren (S. 395). Ligg. interossea (S. 401).

H. Eröffnung der Artic. carpometacarpea des Daumens (S. 449).

Bewegungen des Sattelgelenks. Sesambeine in der volaren Kapselwand.

J. Fingergelenke (S. 438, 439).

Die Lage und Funktion der Seitenbänder wird bestimmt. Die Kapseln werden entfernt, die Bänder bleiben stehen.

Bei der Abgabe des Präparates müssen alle Knochen der Extremität zusammenhängen (indem die oben bei jedem Gelenk angegebenen Teile der Bandverbindungen erhalten bleiben) und vom Periost gesäubert sein.

V. Bauchmuskeln.

1. Inspektion und Palpation: Brustbein (S. 148), Rippen (S. 141). Darmbein (S. 460, 486), Symphyse (S. 464). Epi-, Meso- und Hypogastrium (S. 9). Leistenband und Anulus inguinalis (S. 193). Rektusinskriptionen (S. 179).

2. Hautschnitte: 1. Medianer Längsschnitt vom Schwertfortsatz bis zur Schamfuge, beiderseits am Nabel vorbeiführend; sonst für rechts und links gemeinsam. 2. Transversalschnitt 4 Finger breit unterhalb der Brustwarze. 3. Von der Symphyse längs dem Lig. inguinale bis zur Spin. il. ant. sup. und längs der Crista ilium (Schnitt 2 und 3 werden soweit wie möglich dorsalwärts geführt).



3. Fascia superficialis abdominis (S. 178): Das Unterhautfettgewebe wird bei Freilegung der Faszie in einer Platte abgelöst und entfernt. Man hüte sich, die vordere Rektusscheide (S. 181) zu verletzen.

4. M. obliquus abd. externus (S. 171): Entfernung der Faszie, Schonung der Aponeurose (vordere Rektusscheide!). Man beachte den vorderen Rand des Latissimus, die Ursprungszacken des Serratus anterior und die Zacken des Obliquus an den Rippen. Um das Trigonum lumbale Petiti (S. 174) zu präparieren, wird die Leiche in Seitenlage gebracht. Nach Fertigstellen des Muskelbauches wird die vordere Rektusscheide gereinigt. Samenstrang (resp. Lig. teres uteri), Crus sup. und inf., Fibrae intercrurales (S. 177, 193).

Ein Bogenschnitt, welcher über den Rippen beginnt, teilt die Muskelfasern in ihrer Mitte. Er wird durchgeführt bis zum vorderen Rande des Latissimus. Der Schnitt ist nach kaudal konvex. Auf der Mitte der Konvexität des Bogenschnittes (Nabelhöhe) beginnt ein gerader Schnitt, welcher in der Richtung auf das Crus sup. verläuft und einen Finger breit oberhalb des Leistenringes bis zum Rektusrand weitergeführt wird (ohne den Obliquus int. zu verletzen). Zurückklappen des Obliquus ext. in drei Lappen (der mediale nicht weiter als bis zum lateralen Rektusrand).

5. M. obliquus abd. internus (S. 169): Säuberung des Muskelbauches, Beziehung zu den Interkostalmuskeln, zur Rektusscheide und zum M. cremaster.

Bogenschnitt in der Mitte sämtlicher Muskelfasern und deshalb nach kranial konvex. Man beginne ihn im oberen Teil des Muskels, weil dort sein Faserverlauf vom darunter liegenden Transversus am stärksten absticht. Ein gerader Schnitt wird von der Höhe der Konvexität des ersten Schnittes (Nabelhöhe) in der Richtung auf den Proc. ensiformis, aber nur bis zum Rektusrand ausgeführt. Zurückklappen der drei Lappen (der mediale nicht weiter als bis zum lateralen Rektusrand).

6. M. transversus abd. (S. 162): Säuberung des Muskelbauches und des Ursprungs von der Fascia lumbodorsalis (tiefes Blatt). Beziehungen zum M. cremaster. Nicht durchschneiden! Siehe auch Nr. 9.

7. M. pyramidalis (S. 182): Spaltung der vorderen Rektusscheide über dem Muskel durch einen Längsschnitt. Zurückklappen des Pyramidalis von der Linea alba nach der Symphyse zu.

8. M. rectus abdominis (S. 179): Freilegen des Muskels durch einen Schnitt, der über der Mitte des Muskels der ganzen Länge nach die vordere Rektusscheide durchtrennt. Zurückklappen beider Hälften der Scheide unter Loslösung mit scharfem Messer von den Inscriptiones tendineae. Durchtrennen des Muskels in Nabelhöhe und Zurückklappen der beiden Hälften. Beim oberen Stück werden die drei Ursprungszacken an den Rippen sorgfältig bestimmt und künstlich gesondert.

9. Fertigstellen des Teiles des M. transversus abd., welcher auf der Innenseite der Rippen entspringt.

10. Studium der Beiträge der seitlichen Bauchmuskeln zur Rektusscheide (S. 175, 170, 163). Fascia transversalis (S. 167). Die Bauchhöhle wird nicht eröffnet.

(Es folgt der Situs abdominis; darüber besondere Vorschrift, siehe Bd. II.)

VI. Zwerchfell (S. 196).

Diaphragma (Zwerchfell): Bauchiges Messer, um Einstiche in das Zwerchfell zu vermeiden. Ursprungsportion an der Wirbelsäule; vom Centrum tendin. aus nach dieser hin zu präparieren: Schonung der beiden Arcus lumbocostales (Halleri). Hiatus aort. und oesoph. Die Pars sternocostalis wird mit Hilfe einer besonderen langen Pinzette (vom Instrumentenbrett) zunächst auf der einen Seite von beiden Präparanten zusammen (einer als Assistent) und dann auf der anderen Seite dargestellt. Manchmal läßt sich die Faszie auch im ganzen stumpf ablösen. Man achte auf Varietäten des Ursprungs an der letzten Rippe (Trigonum lumbocostale).

VII. Muskeln der unteren Extremität.

Falls die Leiche sich in Rückenlage befindet, wird zuerst die Vorderseite des Beines präpariert. Dieser Fall ist dieser Beschreibung zugrunde gelegt. Bei Bauchlage der Leiche beginnt man mit der Hinterseite des Beines (Gesäß) in derselben Reihenfolge, wie weiter unten beschrieben, und schließt dann später die hier zuerst geschilderte Vorderseite an. Abgelöste untere Extremität wie obere zu behandeln (S. 824): Beginn mit Muskeln des großen Beckens (siehe S. 832 A Nr. 9) und kleinen Beckens (siehe S. 833, C).

A. Vorderseite.

1. Inspektion und Palpation: Hüftbeinkamm (S. 460, 486), Ligam. inguinale (S. 193), Symphyse und Arcus pubis (S. 464), SCARPAsches Dreieck (S. 517), Trochanter maior (486, 493), Condyli und Epicondyli femoris (S. 551), Patella und Lig. patellae (S. 552), Kniegelenkspalte (mediale Seite, S. 578); Schienbein, Capitulum fibulae, Malleolen (S. 585, 587); Sehnen der Extensoren (Abb. 294), Bewegungen im Sprunggelenk (S. 590), Tuber calcanei (S. 591), Tuberositas navicularis und T. ossis metatarsi V. (S. 645, 646; bei zerlegtem Körper ist die mediane Schnittfläche und die Beckenhöhle zu studieren).

2. Hautschnitte (nicht auf einmal, sondern sukzessive anzulegen wie am Arm, S. 825):

a) von der Symphyse längs dem Leistenband bis zur Spina iliaca anterior superior und längs der Crista iliaca.

b) Längsschnitt von der Symphyse am inneren Rand der Gliedmaße über den Epicondylus medialis bis zum inneren Knöchel und am medialen Fußrand bis zur Basis der Großzehe.

c) Transversalschnitt von der Spitze des inneren Knöchels zur Spitze des äußeren Knöchels.

d) Transversalschnitt über die Basis der Zehen und je ein Längsschnitt in der Mitte der Zehenrücken.

3. Fascia lata (S. 565): Aufsuchen der Vena saphena magna. Ehe man sie in die Fossa ovalis hinein verfolgt, wird die dickste, laterale Partie der Faszie freigelegt und dann konzentrisch von lateral und medial her auf die Fossa ovalis zu präpariert, Margo falciformis, Lymphoglandulae. Bei fettreichen Leichen vermeidet man, zwischen die Blätter der Faszie zu geraten, indem man das oberste Niveau der Faszie beachtet und stets einhält. Säuberung der gesamten Fascia lata bis zur Patella.

4. Vordere Muskeln des Oberschenkels. In folgender Ordnung werden freigelegt:

a) M. sartorius (S. 559): Längsschnitt über dem Muskelbauch durch die Fascia lata und Herauslösen des Muskels aus seiner Scheide.

b) M. tensor fasciae latae (S. 498): Die Fascia lata wird über dem Muskelbauch durch einen Längsschnitt gespalten und zurückgeklappt. In der Verlängerung der Seitenränder des Tensor wird entsprechend dem Tractus iliotibialis (Maissiati) künstlich eine Endsehne aus der F. lata herausgeschnitten, welche lateral an der Patella vorbei bis zur Tuberositas tibiae reicht. Der Muskel wird zuletzt aus seiner Lage herausgehoben und ringsum gereinigt. Die Fascia lata bleibt im übrigen erhalten bis zur Präparation des M. quadriceps.

c) Darstellung der Gefäße in der Fossa iliopectinea und unter ihnen der Faszie gleichen Namens (S. 517). Insertionsteil des M. iliopsoas (S. 490) unter Erhaltung des Lig. inguinale.

d) M. quadriceps (S. 555): Zuerst wird der Rektus präpariert mit seinen beiden Ursprüngen, dann die Vasti. Eine künstliche Trennung der Vasti findet nicht statt.

e) Adduktorengruppe: Pektineus (S. 517), Grazilis (S. 518), Adductor longus (S. 514) und brevis (S. 513) werden in der genannten Reihenfolge vollständig freigelegt und umgriffen, ohne einen von ihnen abzulösen (Adduktion des Beines beim Eindringen in die Tiefe, Abduktion zum Spannen beim Ablösen der Faszie). Schließlich Vorderseite des Adductor magnus und A. minimus (S. 508 bis 513), Sehne zum Epicondylus medialis, Eröffnung des HUNTERschen Kanals, Adduktorschlitz. Obturator externus (S. 507).

5. Faszie des Unterschenkels und Fußrückens (S. 615, 639): Auspräparieren des Lig. transv. cruris und Lig. cruciatum, zuerst unter Erhaltung der gleichzeitig zu säubernden Faszie des Unterschenkels und Fußes. Dann wird jedes der Bänder künstlich begrenzt und die übrige Faszie entfernt. Die Unterschenkelfaszie wird von unten nach oben zu weggenommen mit Ausnahme ihres oberen aponeurotischen Abschnittes.

6. Vordere Muskeln des Unterschenkels: M. tibialis anterior (S. 594), M. extensor digitorum longus (S. 597), M. extensor hallucis longus (S. 598) und M. peron. tertius. Diese Muskeln werden von unten nach oben zu voneinander gesondert. Um sie ganz reinigen zu können, müssen das Lig. transversum in der Mitte, das Lig. cruciatum zwischen M. extensor halluc. l. und M. ext. dig. l. gespalten und nach beiden Seiten auseinander geklappt werden (die Bänder werden nicht entfernt). Bei der Präparation werden gleichzeitig die Sehnenscheiden studiert. Lig. fundiforme (S. 616), Membrana interossea (S. 589).

7. Laterale Muskulatur des Unterschenkels: die Faszie wird bis zum Retinaculum peronaeorum sup. (S. 616) entfernt. M. peronaeus longus (S. 600) und brevis (S. 602). Septum intermusculare ant. et post. (S. 615).

8. Muskeln des Fußrückens: Sehnen der unter Nr. 6 genannten Muskeln, M. ext. digitorum brevis und M. extensor hallucis brevis (S. 637), Dorsalaponeurosen der Zehen (S. 638), Mm. interossei externi (S. 641).

Wenn die Leiche noch nicht gedreht werden kann, so wird jetzt die Fußsohle präpariert. Der Fuß wird dazu mit der Ferse auf einen hohen Klotz gelegt. Hautschnitt um die ganze Zirkumferenz der Sohle herum. Kann jedoch die Leiche gedreht werden, wie hier angenommen ist, so beginnt man mit der Gesäßgegend und kommt erst an die Planta zuletzt. Die Muskeln im Innern des Beckens werden sofort in Angriff genommen, sobald die Baucheingeweide entfernt sind. Bei auseinandergesägten oder eröffneten Leichen wird die Präparation der Vorderseite mit der Darstellung dieser Muskeln (M. iliopsoas, M. quadratus lumborum) begonnen. Es kann auch vorkommen, daß sie erst präpariert werden können, wenn die Hinterseite der Leiche erledigt ist. Die Muskeln im kleinen Becken können unter allen Umständen erst nach Durchsägung der Leiche präpariert werden (man frage den Assistenten). Die Beschreibung des Vorgehens im einzelnen folgt hier:

9. Muskeln im großen Becken: Reste des Zwerchfelles, auf alle Fälle Reinigung der Pars lumbalis (S. 196). M. quadratus lumborum (S. 182), M. psoas major (S. 487) und minor (S. 490), M. iliacus (S. 490). Die vorderen Bauchmuskeln werden entfernt, dabei das Lig. inguinale künstlich herausgelöst und erhalten.

B. Hinterseite der unteren Extremität.

Die Leiche befindet sich in Bauchlage.

1. Inspektion und Palpation: Siehe unter „Vorderseite" S. 831, Nr. 1. Außerdem Crista iliaca und Spina iliaca post. sup. et inf. (S. 461), Trochanter major, Roser-Nélatonsche Linie und Projektion des Foramen ischiadicum majus — suprapiriformer Spalt — auf die Linea iliotrochanterica (S. 536, 464). Gesäßfurche (S. 501). Fossa poplitea mit ihren Grenzen (S. 578; M. biceps, semitendinosus und semimembranosus, gastrocnemius), Wadenmuskeln (S. 603, 610), Achillessehne (S. 611), Sehnen der Peronaei und tiefen langen Beugemuskeln (S. 605). Vorfuß und Hacke (S. 590).

2. Hautschnitte: Der mediale Schnitt längs des ganzen Beines (siehe A. 2. b) genügt auch für die Hinterseite. Für die Planta pedis wird, falls es nicht schon früher geschehen ist, außerdem ein Schnitt längs der Basis der Zehen geführt und die Haut lateralwärts zurückgeklappt. Die Zehenhaut wird von den Dorsalschnitten aus ganz abgeschält. Alle Schnitte werden wie am Arm sukzessive angelegt (zuerst Oberschenkel, dann Unterschenkel, endlich Fuß entsprechend dem Fortschreiten der Muskelpräparation).

3. Gesäßmuskeln: Zuerst wird die Fascia glutaea und ihr Zusammenhang mit der Fascia lata präpariert (S. 502). Dann stellt man nach Entfernung derselben den M. glutaeus maximus (S. 500) dar. Verhalten seines Unterrandes zur Glutäalfalte. Der Muskel wird endlich von den Rändern her unterminiert, gegen den Ursprung hin von der Unterlage frei präpariert und hart am Ursprung vom Knochen und vom Lig. sacrotuberosum abgeschnitten und zurückgeklappt. Man öffnet die Bursa trochanterica. Die jetzt folgende Muskelschicht (M. glutaeus medius S. 497, M. piriformis, S. 492, M. obturator internus, S. 505, und M. quadratus femoris, S. 507) wird in der angegebenen Reihenfolge präpariert. Dabei bleibt die aponeurotische Partie der Faszie des Glutaeus medius erhalten. Der äußere Rand dieses Muskels wird so freigelegt, daß der Ansatz des Glutaeus maximus an der Fascia lata gelöst und der Muskelbauch des M. tensor fasciae latae, falls nicht schon vorher geschehen, gesucht und geschont wird. Um die beiden Musculi gemelli zu sondern, dreht man das Bein mit der Fußspitze stark nach innen, sucht den Muskelbauch des Obturator internus in der Fossa ischiorectalis (unter Erhaltung des Lig. sacrotuberosum) und verfolgt von hier aus die Ränder des Muskels. Man dringt bis auf die Bursa auf der Sehnenrolle des Foramen ischiadicum minus ein. Die beiden Foramina ischiadica müssen zum Schluß ganz klar heraustreten.

Der letzte Eingriff in dieser Gegend bezweckt die Freilegung des M. glutaeus minimus (S. 494). Man folgt den Gefäßen und der Faszie zwischen Glutaeus medius und minimus vom suprapiriformen Spalt des Foramen ischiadicum majus aus und trennt beide Muskeln voneinander. Dabei wird der Glutaeus medius fortschreitend hart am Knochen an seinem Ursprung losgelöst und zurückgeklappt. Man darf nicht in den Ursprung des Tensor fasciae latae hineingeraten! Die Vorderränder des Glut. medius und minimus sind regelmäßig verwachsen; sie werden künstlich voneinander gelöst.

4. Fascia lata und Muskeln an der Hinterseite des Oberschenkels: Die Faszie wird zuerst in ihrer ganzen Ausdehnung am Oberschenkel (soweit sie nicht beim Aufsuchen der Insertion des Glutaeus maximus zerstört werden mußte) und in der Kniekehle dargestellt (S. 566). Zusammenhang mit der Unterschenkelfaszie. Sie wird dann vom Tuber ischii bis über die Kniekehle hinaus längs gespalten und zurückgeklappt. Man präpariert die drei Beugemuskeln (Bizeps, Semitendinosus, Semimembranosus, S. 561—565) und die Hinterfläche des M. adductor magnus (S. 508). Das Planum popliteum wird gereinigt (S. 551).

5. Fascia cruris und hintere Muskeln des Unterschenkels: Loge der Wadenmuskeln (S. 611). Die Befestigung der oberflächlichen Faszie an der Fibula, Tibia und besonders an den Malleolen wird bei der Reinigung besonders studiert und das Lig. laciniatum begrenzt (S. 605, 616). Kranial von letzterem wird die oberflächliche Faszie weggenommen und der M. gastrocnemius (S. 614), M. plantaris (S. 612) und M. soleus (S. 612) in der genannten Reihenfolge präpariert. Man schone die Sehne des Plantaris. Um den Zugang zur tiefen Faszie zu gewinnen, wird das Bein im Knie gebeugt, der Soleus von der Tibia abgelöst und der Canalis solei eröffnet. Gastroknemius und Plantaris bleiben intakt. Jetzt wird die tiefe Faszie gesäubert (S. 605) und gegen das Lig. laciniatum begrenzt. Letzteres bleibt erhalten. Die tiefe Faszie wird im übrigen entfernt und der M. flexor digitorum longus (S. 609), M. tibialis post. (S. 605) und M. flexor hallucis longus (S. 607) präpariert. Überkreuzung der beiden erstgenannten. M. popliteus (S. 560).

6. Fußsohle: Zuerst wird die Plantaraponeurose mit ihren Zipfeln zu den Zehen und ihren dünnen seitlichen Teilen an den Fußrändern dargestellt (S. 643). Man achte auf die Sehne des Flexor brevis zur 5. Zehe. Ligg. vaginalia aller Zehen (S. 644). Die Plantaraponeurose wird von ihren Zipfeln zu den Zehen aus bis zum Ursprung des M. flexor digitorum brevis unterminiert und gegen die Ferse zu zurückgeklappt. Dann wird der Flexor brevis (S. 641), der Abductor hallucis (S. 643) und Abductor dig. V. (S. 642) präpariert. Der Zugang zu den tiefen Muskeln wird freigelegt, indem der Flexor brevis unterminiert und von der Unterfläche aus hart am Ursprung vom Tuber calcanei abgelöst wird. Man säubert die Sehnen der langen Beuger und den Quadratus plantae (S. 640), die Mm. lumbricales (S. 639), den Flexor hallucis brev. (S. 642), Flexor und Opponens dig. V. (S. 642, 641). Der Quadratus plantae wird vom Ursprung am Kalkaneus abgelöst, die Sehne des Flexor digitorum longus oberhalb des Ligam. laciniatum durchschnitten und nach der Fußsohle zu durch ihr Sehnenfach durchgezogen. Man studiert die Verbindung zwischen der Sehne des Flexor dig. und Flexor hallucis longus (Chiasma plantare, S. 608). Sie wird so gelöst, daß die Herkunft der verschiedenen Sehnenbestandteile erkennbar bleibt. Die Ligg. vaginalia werden durch je einen Längsschnitt geöffnet und der Flexor digitorum über die Zehen zurückgeklappt. Jetzt ist das Caput transversum und obliquum des Adductor hallucis zugänglich (S. 642). Die Interossei werden zuerst lateral vom Adduktor präpariert, dann beide Köpfe des Adduktor vom Ursprung abgelöst und gegen die Großzehe zurückgeschlagen. Jetzt sind alle 7 Interossei darzustellen (S. 641). Der Sehnenkanal des Peronaeus longus ist zu sondieren, nicht zu öffnen! (S. 601, 634).

C. Muskeln des kleinen Beckens.

Die Leiche ist getrennt und das Becken median durchsägt. Man präpariert den Ursprung des M. piriformis (S. 492), den Beckenboden, soweit er erhalten ist (S. 474, Fascia obturatoria mit dem Ursprung des M. levator ani), M. coccygeus (S. 468) und Ursprung des M. obturator internus (S. 505).

VIII. Gelenke der unteren Extremität.

Die Ablösung der Muskeln darf erst begonnen werden, wenn alle an Hand der Vorschrift über die Muskelpräparation fertig präpariert, genau bestimmt und in allen Einzelheiten bekannt sind und erst nach eingeholter Erlaubnis beim Leiter der Übungen. Abtestieren! Die Muskeln werden in der Reihenfolge abgelöst, in welcher die Gelenke präpariert werden, und zwar immer nur so viele, um ein Gelenk (oder eine Gruppe von Gelenken) freizulegen. Jeder Muskel wird einzeln von Ursprung und Insertion hart am Knochen abgelöst (Ausnahmen sind besonders aufgeführt).

A. Bandapparate der Wirbelsäule.

Beim Ablösen des M. quadratus werden besonders dessen dorsale und intermediäre Partie freigelegt und studiert (S. 182). Man stellt dann die Ligg.

longitudinalia ant. et post. (S. 110), einige Ligg. intercruralia s. flava (S. 111), Ligg. interspinalia und intertransversalia (S. 110), Capsulae articulares (S. 114) dar. Eine Fibrocartilago intervert. wird horizontal durchschnitten (Anulus fibros., Nucleus pulposus, S. 109). Bandverbindungen des Os coccygis mit dem Sakrum (S. 122).

B. Articulatio sacroiliaca (S. 469).

Von vorn wird das Lig. sacroiliacum anterius (S. 470), von oben das Lig. iliolumb. (S. 471) gesäubert. Hinten werden zuerst das Lig. sacrotub. und sacrospinos. (S. 468) auspräpariert, dann die Ligg. sacroiliaca posteriora longa et brevia (S. 470). Das Lig. sacroiliacum inteross. (S. 470) bekommt man bei der Eröffnung des Gelenkes zu Gesicht, indem man seine dicken Bandmassen durchschneidet. Das Lig. sacrotuberosum und sacrospinosum bleiben erhalten.

C. Articulatio coxae (S. 521).

Bei der Ablösung der Muskeln wird der azetabulare Ursprung des M. rectus besonders beachtet (S. 558); der M. obturator ext. wird jetzt ganz sichtbar (S. 507. 534). Der Schleimbeutel unter dem Iliopsoas (S. 487) wird gesucht und auf eine etwaige Kommunikation mit dem Hüftgelenk geachtet. Nach Entfernung der Muskeln präpariert man zuerst die beiden Teile des Lig. iliofemorale (Pars lateralis und P. medialis, S. 529) und bestimmt ihre Funktion beim Stehen und Gehen. Mechanismus der Bewegung des Beines nach hinten (Hüftgelenk der anderen Körperseite, Wirbelgelenke der Lendengegend, S. 544; maskierte Beckenneigungen, S. 545. 546). Das Lig. pubo- und ischiocapsulare (S. 533) werden gesucht, indem die betreffende Partie der Kapsel gespannt wird. Man schone sorgfältig die dünne Kapselwand unterhalb des Lig. ischiocaps., Anheftung der Kapsel am Femurhals vorn und hinten. Begrenzung und Entfernung der dünnen Kapselteile (S. 534) zwischen den Bändern und der Zona orbicularis (S. 528). Der Rest der Kapsel wird zwischen Lig. ischiocapsulare und Lig. iliofemorale längs gespalten und die Zona orbicularis zwischen zwei Fingerkuppen abgetastet, dann der Femurkopf aus der Pfanne herausluxiert. Lig. teres (S. 523). Acetabulum und Labrum glenoidale (S. 521). Lig. transversum (S. 523).

D. Articulatio genus (S. 567).

Zuerst werden die präpatellaren und prätibialen Schleimbeutel bestimmt (S. 566, 577). Bei der Ablösung des Quadriceps femoris wird der M. articularis gesucht (S. 557). Er bleibt stehen. Die Retinacula patellae (S. 577) bleiben ebenfalls stehen. Der Quadrizeps wird hart an der Patella abgeschnitten, die Bursa suprapatellaris (S. 576) dabei nicht eröffnet. Vom Grazilis, Sartorius, Semitendinosus, Bizeps und Gastroknemius bleibt je ein kurzes Stück der Sehne in der Nähe des Kniegelenks stehen, so daß die Bursa bicipitis, Bursa gastrocnemia medialis, Bursa anserina, Bursa semitendinosa gesucht werden können und an ihrer Lage erkennbar bleiben (S. 577). Sesambein im lateralen Ursprung des Gastroknemius („Favella“, S. 561). Die Sehne des Semimembranos. wird in das Lig. popliteum obl. verfolgt, dann so abgeschnitten, daß ein Stück erhalten bleibt. Fortsetzungen der Sehne nach unten und vorn, Bursa semimembranosa (S. 577). Das Lig. arcuatum mit seinem Retinakulum liegt vor dem M. popliteus (S. 561). Dieser wird in der Mitte quer zertrennt. Die Ursprungsportion bleibt stehen, alles andere wird entfernt. Bursa poplitea als Teil des Kniegelenks (S. 576). Begrenzung des Lig. collaterale tibiale et fibulare (S. 568). Lücke zwischen letzterem und der Kapsel. Funktion der Seitenbänder.

Die Retinakula werden jetzt entfernt und das Lig. patellae scharf begrenzt, unter ihm die Bursa infrapatellaris profunda (S. 577) sondiert. Die Patella wird zurückgeklappt: Plicae alares, Plica synovialis (S. 575). Im Fett dieser Falten wird die Bursa infrapatell. begrenzt und das Lig. transversum aufgesucht (Verbindung zwischen den Meniszi, S. 573). Das Fett wird entfernt. Die Ligg. cruciata (S. 568) sind von vorn zu säubern.

Die Hinterwand der Kniegelenkkapsel wird entfernt, nur die Ligg. cruciata, die Meniszi und Ligg. collateralia bleiben stehen. Man achte auf das eventuelle Vorkommen eines Lig. Roberti (S. 573). Stelle des äußeren Meniskus, die nicht mit der Kapsel verwachsen ist (Bursa poplitea, S. 576).

Zum Studium der Funktion des Kniegelenks werden zerschnitten: 1. Das Lig. coll. fibulare: es leidet die Hemmung der Innenrotation des Unterschenkels keinen Schaden (Bedeutung der Kreuzbänder für Innenrotation und des Lig. coll. tibiale für Außenrotation). 2. Das Lig. coll. tibiale: die Außenrotation des Unterschenkels ist nicht mehr gehemmt (Abwicklung der Kreuzbänder, bis sie parallel

stehen). 3. Eines der Kreuzbänder (das andere bleibt erhalten; Bedeutung der Kreuzbänder als Hemmungsapparate für Streckung).

E. Tibiofibularverbindungen.

Beim Abtragen der Muskeln achte man auf die beiden Septa intermuscularia an der Fibula (S. 615). Membrana interossea (S. 589). Verstärkungen des proximalen Tibiofibulargelenks (Ligg. capituli fib., S. 578). Lig. malleoli lat. ant. et post. (S. 622).

F. Bandapparat des Fußes.

1. Verbindungen des Fußes mit dem Unterschenkel: lateral werden das Lig. calcaneofibulare, Lig. talofibulare ant. et post. begrenzt (S. 624). Letzteres ist weit in die Kapsel vorgeschoben; man erhalte die Kapselwand. An der medialen Seite wird das Lig. deltoideum präpariert (S. 624): zunächst die oberflächlichen Anteile (Lig. calcaneotibiale und tibionaviculare), dann nach deren Durchschneidung (quer in der Mitte der Fasern) die tiefen Anteile (Lig. talotibiale ant. et post.). Bewegungen des Fußes im oberen Sprunggelenk (S. 651), Bedeutung der Syndesmose zwischen Tibia und Fibula („Malleolengabel").

2. Verbindungen des Talus mit den übrigen Fußknochen: Das Lig. fundiforme (S. 616) wird aus dem Sinus tarsi entfernt. In diesem stelle man das Lig. talocalcaneum interosseum und Lig. talocalcaneum anterius dar (S. 631). Letzteres liegt vor dem Körper des Talus, ersteres verläuft weiter nach vorn längs des Caput tali. Lig. talocalcaneum laterale, mediale et posterius (S. 631).

3. Fußrücken: Das Lig. talonaviculare dors. (S. 631) und Lig. calcaneocuboideum dorsale (S. 634) sind dünn und platt. Zwischen beiden geht man ca. 1 cm weit in die Tiefe und findet das Lig. bifurcatum (Pars calcan.-cub. et Pars calcan.-navic., S. 626). Alle übrigen Knochen sind durch kurze, dorsale Bänder verbunden, auch die Basen der Metatarsalia (S. 634).

4. Fußsohle: Beim Ablösen der Muskeln werden besonders die Ansätze der Mm. peronei und tibiales studiert (Beziehung zum Fußgewölbe, Pronations- und Supinationsbewegung, S. 649, 650, 652). Dann Aufsuchen des Lig. plantare longum (S. 634). Lig. calc.-navic. plant. (Pfannenband, S. 626). Die übrigen Bänder verbinden je zwei benachbarte Knochen des Tarsus und Metatarsus in allen möglichen Kombinationen (S. 635).

G. Eröffnung der Gelenke der Fußwurzel.

1. Die super- und subtalaren Kammern: das obere Sprunggelenk (Knöchelgelenk) wird geöffnet, indem die Bänder zwischen Fibula und Tarsus einzeln quer durchschnitten werden, die Bänder zwischen Tibia und Tarsus bleiben erhalten. Das untere Sprunggelenk (Sprunggelenk s. str.) besteht aus zwei anatomisch getrennten Teilen. Das vordere Gelenk (Art. talo-calc.-nav.) wird geöffnet, indem man zwischen Talus und Navikulare eingeht, ohne das Lig. bifurcatum und das Pfannenband zu verletzen. Dann wird das ganze Lig. talo-calc. interosseum zerschnitten, indem man in den Sinus tarsi eindringt und den Talus vom Kalkaneus abreißt. Talus, Kalkaneus und Tibia sind schließlich nur noch durch das Lig. deltoid. im Zusammenhang. Man hat dann beide Abteile des subtalaren Gelenks vor sich (S. 628). Funktion des Sprunggelenks (S. 651). Man mache sich die drei Möglichkeiten der Abduktion der Fußspitze (durch Bewegungen im Hüftgelenk, Kniegelenk, Sprunggelenk) und deren Merkmale klar (S. 654). Beim Abgeben des Präparates muß der Zusammenhang in diesen Gelenken gewahrt sein.

2. Die Gelenke des Vorfußes: Bedeutung des Lig. bifurcatum für die wenig bewegliche Verbindung von Kalkaneus, Kuboid und Navikulare (S. 627). Die Gelenkspalten dürfen erst eröffnet werden, nachdem das Präparat abgegeben ist. Dabei werden zum Schluß vom Fußrücken aus die Gelenke künstlich verbunden, welche die Lisfrancsche und Chopartsche Amputationslinie herstellen (S. 620, 633). Alle Knochen bleiben durch die plantaren Bänder im Zusammenhang.

H. Zehengelenke (S. 646).

Die Verstärkungsbänder werden an einem Zeh herauspräpariert und die Gelenkkapseln entfernt. Am Großzeh werden die beiden Sesambeine dargestellt.

Bei der Abgabe des Präparates müssen alle Knochen der Extremität zusammenhängen (indem die oben bei jedem Gelenk angegebenen Teile der Bandverbindungen erhalten bleiben) und vom Periost gesäubert sein.

Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.

